

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-374224

(43)Date of publication of application : 26.12.2002

(51)Int.Cl.

H04J 11/00  
H04B 7/26

(21)Application number : 2001-203360

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 04.07.2001

(72)Inventor : UCHIDA HIROMASA  
UMEHIRA MASAHIRO  
SUZUKI YASUO  
ASAI YUSUKE

(30)Priority

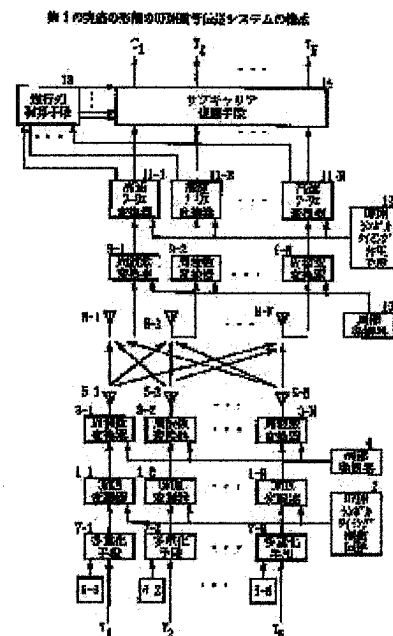
Priority number : 2001109679 Priority date : 09.04.2001 Priority country : JP

## (54) OFDM SIGNAL COMMUNICATION SYSTEM, OFDM SIGNAL TRANSMITTING DEVICE AND OFDM SIGNAL RECEIVING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM signal communication system used, in broadband mobile communication or the like that achieves stable operation under severe frequency selective fading environments and provides high quality.

SOLUTION: The OFDM signal communication system which is provided with an OFDM signal transmitting device and an OFDM signal receiving device, transmits OFDM signals over the same radio frequency from N transmitting antennas 5, has an  $N \times N$  inverse matrix computer 13 for computing an  $N \times N$  inverse matrix, constituted by propagation coefficients for respective propagation paths between each of the N transmitting antennas 5 and N receiving antennas 8, and a subcarrier demodulator 14, which separates the signals of the respective propagation paths, based on the obtained inverse matrix.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-374224  
(P2002-374224A)

(43) 公開日 平成14年12月26日 (2002. 12. 26)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号 | F I           | テーマコード* (参考) |
|---------------------------|------|---------------|--------------|
| H 0 4 J 11/00             |      | H 0 4 J 11/00 | Z 5 K 0 2 2  |
| H 0 4 B 7/26              |      | H 0 4 B 7/26  | C 5 K 0 6 7  |

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2001-203360(P2001-203360)  
(22) 出願日 平成13年7月4日 (2001. 7. 4)  
(31) 優先権主張番号 特願2001-109679(P2001-109679)  
(32) 優先日 平成13年4月9日 (2001. 4. 9)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004226  
日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号  
(72) 発明者 内田 大誠  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
(72) 発明者 梅比良 正弘  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内  
(74) 代理人 100072718  
弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

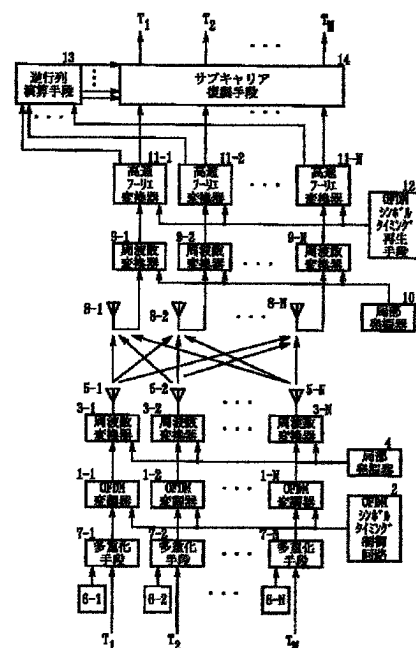
(54) 【発明の名称】 OFDM信号伝送システム、OFDM信号送信装置及びOFDM信号受信装置

(57) 【要約】

【課題】 広帯域移動体通信等に用いられるOFDM信号伝送システムにおいて厳しい周波数選択性フェージング環境下で安定な動作を達成し高品質化を図ることを目的とする。

【解決手段】 OFDM信号送信装置とOFDM信号受信装置とを備え同一の無線周波数のOFDM信号をN個の送信アンテナ5から送信するOFDM信号伝送システムであってN個の送信アンテナ5のそれぞれとN個の受信アンテナ8のそれぞれとの間の各信号伝達経路における伝達係数を成分とする $N \times N$ の要素で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段13と、得られた逆行列に基づいてN個の送信アンテナ5のそれぞれとN個の受信アンテナ8のそれぞれとの間の各信号伝達経路の信号を分離する干渉キャンセル手段14とを設けたことを特徴とする。

第1の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムであって、

前記N個の送信アンテナのそれぞれと前記N個の受信アンテナのそれぞれとの間の各信号伝達経路における伝達係数を成分とする $N \times N$ の要素で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、

前記逆行列演算手段により得られた逆行列に基づいて、前記N個の送信アンテナのそれぞれと前記N個の受信アンテナのそれぞれとの間の各信号伝達経路の信号を分離する干渉キャンセル手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項2】 複数N個の送信アンテナと、複数N個の受信アンテナを含んでなるシステムであって、

各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段を有する少なくとも1つのOFDM信号送信装置と、

上記OFDM信号送信装置に係るOFDM変調器の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを供給する手段と、

上記OFDM信号送信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、

各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段を有する少なくとも1つのOFDM信号受信装置と、

上記OFDM信号受信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、

上記OFDM信号受信装置に係る各OFDM変調器毎に

対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号発生手段により構成されることを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項3】 請求項2記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、

各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段を有するOFDM信号送信装置。

【請求項4】 請求項2記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、

各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段を有するOFDM信号受信装置。

【請求項5】 送信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2本の送信アンテナと、受信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの受信アンテナを使用する請求項2記載のOFDM信号伝送システム。

【請求項6】 請求項5記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、

各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段を有するOFDM信号送信装置。

【請求項7】 請求項5記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、

各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット

信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段を有するOFDM信号受信装置。

【請求項8】 複数N個の送信アンテナと、複数N個の受信アンテナを含んでなるシステムであって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインタリーブを行うインタリーブを有する少なくとも1つのOFDM信号送信装置と、

上記OFDM信号送信装置に係るOFDM変調器の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを供給する手段と、

上記OFDM信号送信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーブと逆の操作を行うデインタリーブと及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器を有する少なくとも1つのOFDM信号受信装置と、

上記OFDM信号受信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、

上記OFDM信号受信装置に係る各OFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号発生手段により構成されることを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項9】 請求項8記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインタリーブを行うインタリーブを有するOFDM信号送信装置。

【請求項10】 請求項8記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーブと逆の操作を行うデインタリーブと上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器を有するOFDM信号受信装置。

【請求項11】 送信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの送信アンテナと、受信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの受信アンテナを使用する請求項8記載のOFDM信号伝送システム。

【請求項12】 請求項11記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り

訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインターリーブを行うインターリバを有するOFDM信号送信装置。

【請求項13】 請求項11記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインターリバと逆の操作を行うデインターリバ及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器を有するOFDM信号受信装置。

【請求項14】 複数N個の送信アンテナと、複数N個の受信アンテナを含んでなるシステムであって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発振周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び送信情報信号を直並列変換した信号又は同一の送信情報信号を切り替えて送出する切替器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインターリーブを行うインターリバを有する少なくとも1つのOFDM信号送信装置と、上記OFDM信号送信装置に係るOFDM変調器の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを供給する手段と、

上記OFDM信号送信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位

相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインターリバと逆の操作を行うデインターリバ及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器及び送信OFDM信号の任意のサブキャリアに係るサブキャリア復調手段の出力の受信品質を測定する手段及び送信側において送信情報信号を直並列変換した信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を出力し、同一の送信情報信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を加算する又はサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力する切替器を有する少なくとも1つのOFDM信号受信装置と、上記OFDM信号受信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、上記OFDM信号受信装置に係る各OFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号発生手段により構成されることを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項15】 請求項14記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発振周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び送信情報信号を直並列変換した信号又は同一の送信情報信号を切り替えて送出する切替器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正器の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインターリーブを行うインターリバを有するOFDM信号送信装置。

【請求項16】 請求項14記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信

10

20

30

40

50

号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーブと逆の操作を行うデインタリーブ及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器及び送信OFDM信号の任意のサブキャリアに係るサブキャリア復調手段の出力の受信品質を測定する手段及び送信側において送信情報信号を直並列変換した信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を出力し、同一の送信情報信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を加算する又はサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力する切替器を有するOFDM信号受信装置。

【請求項17】 送信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2本の送信アンテナと、受信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの受信アンテナを使用する請求項14記載のOFDM信号伝送システム。

【請求項18】 請求項17記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発振周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び送信情報信号を直並列変換した信号又は同一の送信情報信号を切り替えて送出する切替器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正器の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインタリーブを行うインタリーブを有するOFDM信号送信装置。

【請求項19】 請求項17記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーブと逆の操作を行うデインタリーブ及び上記誤り訂正符号を復

号する誤り訂正復号器及び送信OFDM信号の任意のサブキャリアに係るサブキャリア復調手段の出力の受信品質を測定する手段及び送信側において送信情報信号を直並列変換した信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を出力し、同一の送信情報信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を加算する又はサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力する切替器を有するOFDM信号受信装置。

【請求項20】 複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムであって、

前記OFDM信号送信装置には、  
前記N個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、

入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、

前記OFDM信号受信装置から送出される逆行列の情報を受信する逆行列受信手段と、

前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列受信手段の取得した逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、

前記前置干渉キャンセル手段の出力するN系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生手段の出力するN種類のパイロット信号を多重化するN個の多重化手段と、

前記N個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施すN個の高速逆フーリエ変換手段と、

前記N個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、

前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、  
前記N個の送信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信用局部発振手段とを設けるとともに、

前記OFDM信号受信装置には、

前記N個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数変換手段と、

前記N個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信用局部発振手段と、

前記N個の受信用周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、

前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、

前記N個の送信アンテナのそれぞれを介して送信された

N個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、  
前記高速フーリエ変換手段の出力に現れる受信されたN個のパイロット信号からその振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記N個の送信アンテナ及びN個の受信アンテナの各々の組み合わせに対応する $N \times N$ 個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、  
前記逆行列演算手段の求めた逆行列の情報を前記OFDM信号送信装置に対して送信する逆行列情報送信手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項21】 複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いられるOFDM信号送信装置であって、  
前記N個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、

入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、  
前記OFDM信号受信装置から送出される逆行列の情報を受信する逆行列受信手段と、  
前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列受信手段の取得した逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、  
前記前置干渉キャンセル手段の出力するN系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生手段の出力するN種類のパイロット信号を多重化するN個の多重化手段と、

前記N個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施すN個の高速逆フーリエ変換手段と、  
前記N個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、  
前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、  
前記N個の送信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信用局部発振手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号送信装置。

【請求項22】 複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号受信装置であって、  
前記N個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数

変換手段と、

前記N個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信用局部発振手段と、

前記N個の受信用周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、

前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、

前記N個の送信アンテナのそれぞれを介して送信されたN個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、

前記高速フーリエ変換手段の出力に現れる受信されたN個のパイロット信号からその振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記N個の送信アンテナ及びN個の受信アンテナの各々の組み合わせに対応する $N \times N$ 個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、

前記逆行列演算手段の求めた逆行列の情報を前記OFDM信号送信装置に対して送信する逆行列情報送信手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号受信装置。

【請求項23】 複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムであって、

前記OFDM信号送信装置には、  
前記N個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、

入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、

前記OFDM信号受信装置から送出されるパイロット信号の受信情報を受信する情報受信手段と、

前記情報受信手段の受信した情報に基づいて、前記OFDM信号受信装置が受信したN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記N個の送信アンテナ及びN個の受信アンテナの各々の組み合わせに対応する $N \times N$ 個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、

前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、

前記前置干渉キャンセル手段の出力するN系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生手段の出力するN種類のパイロット信号を多重化するN個の多重化手段と、

前記N個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリ

10

20

30

40

50



エ変換を施すN個の高速逆フーリエ変換手段と、  
前記N個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、  
前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、  
前記N個の送信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信用局部発振手段とを設けるとともに、前記OFDM信号受信装置には、  
前記N個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数変換手段と、  
前記N個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信用局部発振手段と、  
前記N個の受信用周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、  
前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、  
前記N個の送信アンテナのそれぞれを介して送信されたN個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、  
前記高速フーリエ変換手段の出力から、受信したN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出した情報を前記OFDM信号送信装置に対して送信する情報送信手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項24】 複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号送信装置であって、  
前記N個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、  
入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、  
前記OFDM信号受信装置から送出されるパイロット信号の受信情報を受信する情報受信手段と、  
前記情報受信手段の受信した情報に基づいて、前記OFDM信号受信装置が受信したN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記N個の送信アンテナ及びN個の受信アンテナの各々の組み合わせに対応するN×N個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、  
前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆

行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、  
前記前置干渉キャンセル手段の出力するN系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生手段の出力するN種類のパイロット信号を多重化するN個の多重化手段と、  
前記N個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施すN個の高速逆フーリエ変換手段と、  
前記N個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、  
前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、  
前記N個の送信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信用局部発振手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号送信装置。

【請求項25】 複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号受信装置であって、  
前記N個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数変換手段と、  
前記N個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信用局部発振手段と、  
前記N個の受信用周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、  
前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、  
前記N個の送信アンテナのそれぞれを介して送信されたN個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、  
前記高速フーリエ変換手段の出力から、受信したN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出した情報を前記OFDM信号送信装置に対して送信する情報送信手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号受信装置。

【請求項26】 請求項20又は請求項23のOFDM信号伝送システムにおいて、前記OFDM信号受信装置には、少なくとも1つの情報送信用アンテナを更に設け、前記OFDM信号送信装置には、少なくとも1つの情報受信用アンテナを更に設けたことを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項27】 複数のN個の第1組のアンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の第2組のアンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記



N個の第1組のアンテナから送信するOFDM信号伝送システムであって、  
 前記OFDM信号受信装置には、  
 前記第1組のアンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、  
 前記パイロット信号発生手段が出力するN種類のパイロット信号に対して逆高速フーリエ変換を施すN個の逆高速フーリエ変換手段と、  
 前記逆高速フーリエ変換手段から出力される信号を送信のために無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、  
 前記第2組のアンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数変換手段と、  
 前記N個の受信用周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、  
 前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、  
 前記N個の送信用周波数変換手段及びN個の受信用周波数変換手段の全てに共通の信号を与える局部発振手段と、  
 前記N個の第2組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けるとともに、  
 前記OFDM信号送信装置には、  
 入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、  
 前記OFDM信号受信装置から送出され前記第1組のアンテナで受信された無線周波数のパイロット信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数変換手段と、  
 前記受信用周波数変換手段の出力する信号に対してフーリエ変換を施すN個の高速フーリエ変換手段と、  
 前記高速フーリエ変換手段の出力する受信信号から、前記第2組のアンテナを介して送信されたN個のパイロット信号のそれぞれを抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、  
 前記高速フーリエ変換手段の出力から抽出された信号に基づいて、前記OFDM信号送信装置から送信されたN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて、前記N個の第1組のアンテナ及びN個の第2組のアンテナの各々の組み合わせに対応する $N \times N$ 個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、  
 前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、  
 前記前置干渉キャンセル手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施すN個の逆高速フーリエ変換手段と、

前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、  
 前記N個の送信用周波数変換手段及びN個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える局部発振手段と、  
 前記N個の第1組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号伝送システム。

【請求項28】 複数のN個の第1組のアンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の第2組のアンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の第1組のアンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号受信装置であって、  
 前記第1組のアンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、  
 前記パイロット信号発生手段が出力するN種類のパイロット信号に対して逆高速フーリエ変換を施すN個の逆高速フーリエ変換手段と、  
 前記逆高速フーリエ変換手段から出力される信号を送信のために無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、  
 前記第2組のアンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数変換手段と、  
 前記N個の受信用周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、  
 前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、  
 前記N個の送信用周波数変換手段及びN個の受信用周波数変換手段の全てに共通の信号を与える局部発振手段と、  
 前記N個の第2組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号受信装置。

【請求項29】 複数のN個の第1組のアンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の第2組のアンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の第1組のアンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号送信装置であって、  
 入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、  
 前記OFDM信号受信装置から送出され前記第1組のアンテナで受信された無線周波数のパイロット信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信用周波数変換手段と、  
 前記受信用周波数変換手段の出力する信号に対してフー

リエ変換を施すN個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力する受信信号から、前記第2組のアンテナを介して送信されたN個のパイロット信号のそれぞれを抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力から抽出された信号に基づいて、前記OFDM信号送信装置から送信されたN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて、前記N個の第1組のアンテナ及びN個の第2組のアンテナの各々の組み合わせに対応する $N \times N$ 個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、前記前置干渉キャンセル手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施すN個の高速逆フーリエ変換手段と、前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信用周波数変換手段と、前記N個の送信用周波数変換手段及びN個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える局部発振手段と、前記N個の第1組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けたことを特徴とするOFDM信号送信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、広帯域移動体通信等において用いられる直交周波数分割多重（OFDM：Orthogonal Frequency Division Multiplexing）信号伝送システムに関する。さらに詳しくいうと、マルチパスフェージング環境下において、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて飛躍的な周波数利用効率を達成するとともに、高品質で大容量・高速の信号伝送を行うOFDM信号伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】例えば広帯域移動通信においては、利用可能な周波数帯域が制限されているため、本格的なマルチメディアに対応するためには、固定マイクロ波通信と同等の高い周波数利用効率の達成が求められると共に、厳しい周波数選択性フェージングを克服し、高品質伝送を実現する必要がある。

【0003】限られた周波数帯域を用いて大容量・高速の移動体通信を実現するために次のような手法が提案されている。すなわち、複数の送信アンテナと複数の受信アンテナを用いて、MIMO（Multiple Input Multiple Output）チャンネルを構成し、送信側では、同一の周波数を用いて複数のチャンネルを送信し、受信側では等化器と干渉キャンセラにより各チャンネルを分離して大容量化を図る。

【0004】送信側でN個の送信アンテナを用い、受信側でM個（ $M \geq N$ ）の受信アンテナを用いる場合に形成されるMIMOレイリーフェージングチャネルにおいては、シャノンの容量限界は次式で与えられる。

【数1】

$$C = \log_2 \left[ \det \left( I + \frac{\rho}{N} H \cdot H^* \right) \right] \quad \dots (1)$$

ここで、Hは $M \times N$ のマトリクスであり、その要素（i, j）はi番目の送信アンテナとj番目の受信アンテナとの間の伝達関数である。また、Iは $M \times N$ の固有値行列、 $\rho$ は平均SNRである。また、detはdetermination、\*は複素共役を示す。M=Nの時、容量の下限は次式で与えられる。

【数2】

$$C = \sum_{k=1}^N \log_2 \left[ 1 + \frac{\rho}{N} \chi_{2k}^2 \right] \quad \dots (2)$$

ここで、 $\chi_{2k}^2$ はk次のダイバーシチの効果を示す。すなわち、MIMOチャネルでは、容量は単一チャンネルのN倍になる。このように、MIMOチャネルにおいて理想的に干渉キャンセルができれば、広帯域移動通信において大容量・高速伝送を実現できる。このMIMOチャネルにおける従来の送受信装置の構成例を図12に示す。これはN個の送信アンテナ110-1～110-NとN個の受信アンテナ111-1～111-Nを用いた時空等化を行う送受信装置の構成例であって、送信側では、送信情報は符号器101-1～101-Nにおいて符号化され、インタリーブ102-1～102-Nでインタリーブされ、N個の変調器103-1～103-Nに分配された後、送信される。

【0005】一方、受信側にはN個の干渉キャンセラ114-1～114-NとN個の等化器115-1～115-Nとが配置されている。受信アンテナ111-1の受信信号は、まず等化器115-1で等化された後、デインタリーブ116-1でデインタリーブされ、復号器118-1に入力される。復号器118-1では、符号器101-1での符号化に対応した復号が行われる。

【0006】復号器118-1の出力とデインタリーブ116-1の出力との差分をとることにより、干渉成分が抽出される。この干渉成分は、インタリーブ117-1に入力され、その出力は等化器115-1に制御情報としてフィードバックされる。一方、等化器115-1の出力に対し、インタリーブ117-1の出力である干渉成分が差し引かれ、再度デインタリーブ116-1に入力される。

【0007】ここでの繰り返し処理により、復号器11

8-1の出力の信頼度が高められる。受信アンテナ111-1では、送信アンテナ110-1~110-NからのN個の送信信号がすべて合成されて受信される。干渉キャンセラ114-1において、N個の送信信号がすべて合成された受信アンテナ111-1の受信信号より、復号器118-1の出力が差し引かれる。

【0008】これにより、送信アンテナ110-1で送信された信号は、受信アンテナ111-1で受信された信号から除去され、送信アンテナ110-2~110-Nの(N-1)個の送信信号が合成された信号となる。この信号は、次の等化器115-2に入力される。等化器115-2では、等化器115-1のシステムでの処理と同様に、等化器115-2で等化された後、デインタリバー116-2でデインタリーブされ、復号器118-2に入力される。

【0009】復号器118-2では、符号器101-2での符号化に対応した復号が行われる。復号器118-2の出力とデインタリバー116-2の出力との差分をとることにより、干渉成分が抽出される。この干渉成分は、インタリバー117-2に入力され、その出力は等化器115-2に制御情報としてフィードバックされる。一方、等化器115-2の出力に対し、インタリバー117-2の出力である干渉成分が差し引かれ、再度デインタリバー116-2に入力される。

【0010】ここでの繰り返し処理により、復号器118-2の出力の信頼度が高められる。干渉キャンセラ114-2において、復号器118-1からの入力より、復号器118-2の出力を差し引く。これにより、さらに、送信アンテナ110-2で送信された信号が除去され、送信アンテナ110-3~110-Nの(N-1)個の送信信号が合成された信号となる。

【0011】この信号は、次の等化器115-3に入力される。このようにして、干渉キャンセラ114で順次、復号器118で復号した干渉信号が除去され、干渉キャンセラ114-(N-1)の出力は最終的に送信アンテナ110-Nの送信信号となり、等化器115-Nで等化され、デインタリバー116-N、復号器118-Nで復号される。この操作を受信アンテナ111-2, 111-3, ..., 111-Nについて行う。

【0012】各復号器118-1~118-Nからの復号結果は一連の処理を繰り返し、最終的なN個の復号器の出力は変換器119に送られ、シリアル受信データに変換される。これは、すなわち、送信アンテナ110-iと受信アンテナ111-jとの間の各経路における伝達関数を等化器により推定し、これをもとに干渉キャンセルを行うことと等価である。

【0013】したがって、等化器の動作としては、N×Nの経路の等化を行うとともに、その結果をもとに(N-1)×Nの干渉キャンセルを行う必要がある。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】図12のような従来のMIMOチャネルにおける送受信装置では、受信装置の受信アンテナに対応した各受信システム毎に、N個の等化器が必要になる。また、厳しいマルチパスフェージング環境において広帯域伝送を行う場合、周波数選択性フェージングが発生し、各システム毎に極めて短時間で高精度にフェージングによって発生する振幅・位相の周波数特性を同定する必要がある。

【0015】しかし、現実のフェージング環境においては、到来する遅延波の数や強度、いわゆる遅延プロファイルは様々であり、このようなすべての環境に対して有効な等化器の実現は極めて困難である。このため、MIMOチャネルにおける送受信装置は、固定通信のようなガウスチャネルに近い環境では実現可能性のあるものの、厳しいマルチパスフェージングが生じるMIMOチャネルでは、極めて大きな信号処理能力が必要となるため、MIMOチャネルにおける送受信装置の実現は困難であった。

【0016】また、図12のような従来のMIMOチャネルにおける送受信装置では、復号器118-1の出力に対し、フェージング伝搬路での多重波フェージングにより歪んだ振幅・位相周波数特性を推定して差し引くことにより干渉キャンセルを行うことになる。この場合、各等化器には振幅・位相の周波数特性について高い推定精度が要求される。等化精度が達成できない場合には、干渉キャンセラでの干渉除去が十分できず、残留干渉雑音となるからである。

【0017】しかし、等化器では精度の高い振幅・位相の周波数特性についての等化が困難であるため、信号対干渉雑音比が劣化しやすいという問題があった。更に、固定された基地局と移動端末との間で無線通信するシステムを想定する場合には、移動端末側に複雑な処理機能を設けると、移動端末におけるハードウェア規模の増大や消費電力の増大につながるもので移動端末の小型化及び低コスト化の点で問題が生じる。

【0018】本発明は、上述の事情に鑑み、広帯域移動体通信等に用いられるOFDM信号伝送システムにおいて、厳しい周波数選択性フェージング環境下で安定な動作を達成し、高品質化を図ることを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上述した課題は、特許請求の範囲記載の発明により解決される。

【0020】すなわち、請求項1は複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムであって、前記N個の送信アンテナのそれぞれと前記N個の受信アンテナのそれぞれとの間の各信号伝達経路における伝達係数を成分とするN×Nの要素

で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記逆行列演算手段により得られた逆行列に基づいて、前記N個の送信アンテナのそれぞれと前記N個の受信アンテナのそれぞれとの間の各信号伝達経路の信号を分離する干渉キャンセル手段とを設けたことを特徴とする。

【0021】請求項2は複数N個の送信アンテナと、複数N個の受信アンテナを含んでなるシステムであって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段を有する少なくとも1つのOFDM信号送信装置と、上記OFDM信号送信装置に係るOFDM変調器の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを供給する手段と、上記OFDM信号送信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段を有する少なくとも1つのOFDM信号受信装置と、上記OFDM信号受信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、上記OFDM信号受信装置に係る各OFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号発生手段により構成されることを特徴とする。

【0022】請求項3は、請求項2記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段を有する。

【0023】請求項4は、請求項2記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段を有する。

【0024】請求項5は、請求項2記載のOFDM信号伝送システムにおいて、送信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2本の送信アンテナと、受信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの受信アンテナを使用する。請求項6は、請求項5記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段を有する。

【0025】請求項7は、請求項5記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段を有する。

【0026】請求項8は、複数N個の送信アンテナと、複数N個の受信アンテナを含んでなるシステムであって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOF

DM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインタリーブを行うインタリーブを有する少なくとも1つのOFDM信号送信装置と、上記OFDM信号送信装置に係るOFDM変調器の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを供給する手段と、上記OFDM信号送信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーブと逆の操作を行うデインタリーブと及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器を有する少なくとも1つのOFDM信号受信装置と、上記OFDM信号受信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、上記OFDM信号受信装置に係る各OFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号発生手段により構成されることを特徴とする。

【0027】請求項9は、請求項8記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインタリーブを行うインタリーブを有する。

【0028】請求項10は、請求項8記載のOFDM信

号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーブと逆の操作を行うデインタリーブと上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器を有する。

【0029】請求項11は、請求項8記載のOFDM信号伝送システムにおいて、送信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの送信アンテナと、受信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの受信アンテナを使用する。請求項12は、請求項11記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインタリーブを行うインタリーブを有する。

【0030】請求項13は、請求項11記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅

・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーバと逆の操作を行うデインタリーバと及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器を有する。

【0031】請求項14は、複数N個の送信アンテナと、複数N個の受信アンテナを含んでなるシステムであって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び送信情報信号を直並列変換した信号又は同一の送信情報信号を切り替えて送出する切替器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正機の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインターリーブを行うインターリーブを有する少なくとも1つのOFDM信号送信装置と、上記OFDM信号送信装置に係るOFDM変調器の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを供給する手段と、上記OFDM信号送信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーバと逆の操作を行うデインタリーバ及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器及び送信OFDM信号の任意のサブキャリアに係るサブキャリア復調手段の出力の受信品質を測定する手段及び送信側において送信情報信号を直並列変換した信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を出力し、同一の送信情報信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を加算する又はサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力する切替器を有する少なくとも1つのOFDM信号受信装置と、上記OFDM信号受信装置に係る周波数変換器の全てに共通の局部発振信号を供給する局部発振器と、上記OFDM信号受信装置に係る各OFDM変調器毎に対応して送出されるパ

イロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号発生手段により構成されることを特徴とする。

【0032】請求項15は、請求項14記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が使用され、シンボルタイミングに基づいて動作するOFDM変調器及び送信アンテナに接続され該OFDM変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び送信情報信号を直並列変換した信号又は同一の送信情報信号を切り替えて送出する切替器及び該各OFDM変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各OFDM変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正器の出力をOFDM変調器とサブキャリアの組み合わせによってインターリーブを行うインターリーブを有する。

【0033】請求項16は、請求項14記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続されOFDM変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信OFDM信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信OFDM信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーバと逆の操作を行うデインタリーバ及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器及び送信OFDM信号の任意のサブキャリアに係るサブキャリア復調手段の出力の受信品質を測定する手段及び送信側において送信情報信号を直並列変換した信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を出力し、同一の送信情報信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を加算する又はサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力する切替器を有する。

【0034】請求項17は、請求項14記載のOFDM信号伝送システムにおいて、送信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2本の送信アンテナと、受信アンテナとして互いに直交する偏波を用いる2つの受信アンテナを使用する。請求項18は、請求項17記載のOFDM信号伝送システムにおいて用いる送信装置であって、各送信アンテナ毎に接続され、同一の無線周波数が



使用され、シンボルタイミングに基づいて動作する OFDM 変調器及び送信アンテナに接続され該 OFDM 変調器の出力を局部発信周波数を用いて無線周波数に変換する周波数変換器及び送信情報信号を直並列変換した信号又は同一の送信情報信号を切り替えて送出する切替器及び該各 OFDM 変調器に対応して既知のパイロット信号を発生する手段及び該各 OFDM 変調器に接続され送信情報信号と該パイロット信号とを多重化する手段及び送信情報に対して誤り訂正符号化を行う誤り訂正符号器及び誤り訂正器の出力を OFDM 変調器とサブキャリアの組み合わせによってインタリーブを行うインタリーブを有する。

【0035】請求項 19 は、請求項 17 記載の OFDM 信号伝送システムにおいて用いる受信装置であって、各受信アンテナ毎に接続され、局部発振周波数を用いて無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に周波数変換する周波数変換器及び該周波数変換器にそれぞれ接続され OFDM 変調器毎に対応して送出されるパイロット信号を受信アンテナで受信するためのタイミング信号に基づき動作する高速フーリエ変換器及び送信アンテナと受信アンテナの全ての組み合わせについて、パイロット信号の受信振幅と位相を既知のパイロット信号振幅・位相で正規化して伝達係数を測定し、各サブキャリアに係る行列に対する逆行列を計算して記憶する逆行列演算手段及び高速フーリエ変換器の出力たる各受信 OFDM 信号であって任意のサブキャリアに係るものと前記逆行列の積をとり、各送信 OFDM 信号の該サブキャリアの振幅・位相を出力するサブキャリア復調手段及びサブキャリア復調手段の復調出力を入力としインタリーブと逆の操作を行うデインタリーブと及び上記誤り訂正符号を復号する誤り訂正復号器及び送信 OFDM 信号の任意のサブキャリアに係るサブキャリア復調手段の出力の受信品質を測定する手段及び送信側において送信情報信号を直並列変換した信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を出力し、同一の送信情報信号を送出する場合にはサブキャリア復調出力を加算する又はサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力する切替器を有する。

【0036】請求項 20 は、複数の N 個の送信アンテナを含む OFDM 信号送信装置と、複数の N 個の受信アンテナを含む OFDM 信号受信装置とを備え、前記 OFDM 信号送信装置が同一の無線周波数の OFDM 信号を前記 N 個の送信アンテナから送信する OFDM 信号伝送システムであって、前記 OFDM 信号送信装置には、前記 N 個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知の N 種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、入力される N 系統の送信データのそれぞれを OFDM シンボルに変換する N 個のデータ変換手段と、前記 OFDM 信号受信装置から送出される逆行列の情報を受信する逆行列受信手段と、前記データ変換手段の生成した

各 OFDM シンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列受信手段の取得した逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、前記前置干渉キャンセル手段の出力する N 系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生手段の出力する N 種類のパイロット信号を多重化する N 個の多重化手段と、前記 N 個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施す N 個の高速逆フーリエ変換手段と、前記 N 個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通の OFDM シンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換する N 個の送信用周波数変換手段と、前記 N 個の送信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信用局部発振手段とを設けるとともに、前記 OFDM 信号受信装置には、前記 N 個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換する N 個の送信用周波数変換手段と、前記 N 個の送信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信用局部発振手段と、前記 N 個の送信用周波数変換手段が出力する N 系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施す N 個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段から出力される OFDM シンボルをビット列に変換する N 個の復調手段と、前記 N 個の送信アンテナのそれぞれを介して送信された N 個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力に現れる受信された N 個のパイロット信号からその振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記 N 個の送信アンテナ及び N 個の受信アンテナの各々の組み合わせに対応する  $N \times N$  個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の情報を前記 OFDM 信号送信装置に対して送信する逆行列情報送信手段とを設けたことを特徴とする。

【0037】請求項 21 は、複数の N 個の送信アンテナを含む OFDM 信号送信装置と、複数の N 個の受信アンテナを含む OFDM 信号受信装置とを備え、前記 OFDM 信号送信装置が同一の無線周波数の OFDM 信号を前記 N 個の送信アンテナから送信する OFDM 信号伝送システムに用いられる OFDM 信号送信装置であって、前記 N 個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知の N 種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、入力される N 系統の送信データのそれぞれを OFDM シンボルに変換する N 個のデータ変換手段と、前記 OFDM 信号受信装置から送出される逆行列の情報を受信する逆行列受信手段と、前記データ変換手段の生成した各 OFDM シンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列受信手段の取得した逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、前記前置干渉キャンセル手段の出力する N 系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生



手段の出力するN種類のパイロット信号を多重化するN個の多重化手段と、前記N個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施すN個の高速逆フーリエ変換手段と、前記N個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信周波数変換手段と、前記N個の送信周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信周波数変換手段とを設けたことを特徴とする。

【0038】請求項22は、複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号受信装置であって、前記N個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信周波数変換手段と、前記N個の受信周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信周波数変換手段と、前記N個の受信周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、前記N個の送信アンテナのそれぞれを介して送信されたN個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力に現れる受信されたN個のパイロット信号からその振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記N個の送信アンテナ及びN個の受信アンテナの各々の組み合わせに対応するN×N個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の情報を前記OFDM信号送信装置に対して送信する逆行列情報送信手段とを設けたことを特徴とする。

【0039】請求項23は、複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムであって、前記OFDM信号送信装置には、前記N個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、前記OFDM信号受信装置から送出されるパイロット信号の受信情報を受信する情報受信手段と、前記情報受信手段の受信した情報に基づいて、前記OFDM信号受信装置が受信したN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキ

ャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記N個の送信アンテナ及びN個の受信アンテナの各々の組み合わせに対応するN×N個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、前記前置干渉キャンセル手段の出力するN系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生手段の出力するN種類のパイロット信号を多重化するN個の多重化手段と、前記N個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施すN個の高速逆フーリエ変換手段と、前記N個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換するN個の送信周波数変換手段と、前記N個の送信周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信周波数変換手段とを設けるとともに、前記OFDM信号受信装置には、前記N個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換するN個の受信周波数変換手段と、前記N個の受信周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信周波数変換手段と、前記N個の受信周波数変換手段が出力するN系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施すN個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換するN個の復調手段と、前記N個の送信アンテナのそれぞれを介して送信されたN個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力から、受信したN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出した情報を前記OFDM信号送信装置に対して送信する情報送信手段とを設けたことを特徴とする。

【0040】請求項24は、複数のN個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数のN個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記N個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号送信装置であって、前記N個の送信アンテナのそれぞれに対応した既知のN種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、入力されるN系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換するN個のデータ変換手段と、前記OFDM信号受信装置から送出されるパイロット信号の受信情報を受信する情報受信手段と、前記情報受信手段の受信した情報に基づいて、前記OFDM信号受信装置が受信したN個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて前記N個の送信アンテナ及びN個の受信アンテナの各々の組

み合わせに対応する $N \times N$ 個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、前記前置干渉キャンセル手段の出力する $N$ 系統の信号のそれぞれに、前記パイロット信号発生手段の出力する $N$ 種類のパイロット信号を多重化する $N$ 個の多重化手段と、前記 $N$ 個の多重化手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施す $N$ 個の高速逆フーリエ変換手段と、前記 $N$ 個の高速逆フーリエ変換手段の全てに共通のOFDMシンボルタイミングを与えるシンボルタイミング発生手段と、前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換する $N$ 個の送信用周波数変換手段と、前記 $N$ 個の送信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える送信用局部発振手段とを設けたことを特徴とする。

【0041】請求項25は、複数の $N$ 個の送信アンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数の $N$ 個の受信アンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記 $N$ 個の送信アンテナから送信するOFDM信号伝送システムに用いるOFDM信号受信装置であって、前記 $N$ 個の受信アンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換する $N$ 個の受信用周波数変換手段と、前記 $N$ 個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える受信用局部発振手段と、前記 $N$ 個の受信用周波数変換手段が出力する $N$ 系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施す $N$ 個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換する $N$ 個の復調手段と、前記 $N$ 個の送信アンテナのそれぞれを介して送信された $N$ 個のパイロット信号を受信信号から抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力から、受信した $N$ 個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出した情報を前記OFDM信号送信装置に対して送信する情報送信手段とを設けたことを特徴とする。

【0042】請求項26は、請求項20又は請求項23のOFDM信号伝送システムにおいて、前記OFDM信号受信装置には、少なくとも1つの情報送信用アンテナを更に設け、前記OFDM信号送信装置には、少なくとも1つの情報受信用アンテナを更に設けたことを特徴とする。請求項27は、複数の $N$ 個の第1組のアンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数の $N$ 個の第2組のアンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前記OFDM信号送信装置が同一の無線周波数のOFDM信号を前記 $N$ 個の第1組のアンテナから送信するOFDM信号伝送システムであって、前記OFDM信号受信装置に

は、前記第1組のアンテナのそれぞれに対応した既知の $N$ 種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、前記パイロット信号発生手段が出力する $N$ 種類のパイロット信号に対して逆高速フーリエ変換を施す $N$ 個の逆高速フーリエ変換手段と、前記逆高速フーリエ変換手段から出力される信号を送信のために無線周波数に変換する $N$ 個の送信用周波数変換手段と、前記第2組のアンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換する $N$ 個の受信用周波数変換手段と、前記 $N$ 個の受信用周波数変換手段が出力する $N$ 系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施す $N$ 個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段から出力されるOFDMシンボルをビット列に変換する $N$ 個の復調手段と、前記 $N$ 個の送信用周波数変換手段及び $N$ 個の受信用周波数変換手段の全てに共通の信号を与える局部発振手段と、前記 $N$ 個の第2組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けるとともに、前記OFDM信号送信装置には、入力される $N$ 系統の送信データのそれぞれをOFDMシンボルに変換する $N$ 個のデータ変換手段と、前記OFDM信号受信装置から送出され前記第1組のアンテナで受信された無線周波数のパイロット信号を復調に適した周波数に変換する $N$ 個の受信用周波数変換手段と、前記受信用周波数変換手段の出力する信号に対してフーリエ変換を施す $N$ 個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力する受信信号から、前記第2組のアンテナを介して送信された $N$ 個のパイロット信号のそれぞれを抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力から抽出された信号に基づいて、前記OFDM信号送信装置から送信された $N$ 個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて、前記 $N$ 個の第1組のアンテナ及び $N$ 個の第2組のアンテナの各々の組み合わせに対応する $N \times N$ 個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記データ変換手段の生成した各OFDMシンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、前記前置干渉キャンセル手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施す $N$ 個の高速逆フーリエ変換手段と、前記高速逆フーリエ変換手段の出力する信号の周波数を無線周波数に変換する $N$ 個の送信用周波数変換手段と、前記 $N$ 個の送信用周波数変換手段及び $N$ 個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える局部発振手段と、前記 $N$ 個の第1組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けたことを特徴とする。

【0043】請求項28は、複数の $N$ 個の第1組のアンテナを含むOFDM信号送信装置と、複数の $N$ 個の第2組のアンテナを含むOFDM信号受信装置とを備え、前

記 OFDM 信号送信装置が同一の無線周波数の OFDM 信号を前記 N 個の第 1 組のアンテナから送信する OFDM 信号伝送システムに用いる OFDM 信号受信装置であって、前記第 1 組のアンテナのそれぞれに対応した既知の N 種類のパイロット信号を発生するパイロット信号発生手段と、前記パイロット信号発生手段が出力する N 種類のパイロット信号に対して逆高速フーリエ変換を施す N 個の逆高速フーリエ変換手段と、前記逆高速フーリエ変換手段から出力される信号を送信のために無線周波数に変換する N 個の送信用周波数変換手段と、前記第 2 組のアンテナが受信した無線周波数の受信信号を復調に適した周波数に変換する N 個の受信用周波数変換手段と、前記 N 個の受信用周波数変換手段が出力する N 系統の受信信号の各々に対してフーリエ変換処理を施す N 個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段から出力される OFDM シンボルをビット列に変換する N 個の復調手段と、前記 N 個の送信用周波数変換手段及び N 個の受信用周波数変換手段の全てに共通の信号を与える局部発振手段と、前記 N 個の第 2 組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けたことを特徴とする。

【0044】請求項 29 は、複数の N 個の第 1 組のアンテナを含む OFDM 信号送信装置と、複数の N 個の第 2 組のアンテナを含む OFDM 信号受信装置とを備え、前記 OFDM 信号送信装置が同一の無線周波数の OFDM 信号を前記 N 個の第 1 組のアンテナから送信する OFDM 信号伝送システムに用いる OFDM 信号送信装置であって、入力される N 系統の送信データのそれぞれを OFDM シンボルに変換する N 個のデータ変換手段と、前記 OFDM 信号受信装置から送出され前記第 1 組のアンテナで受信された無線周波数のパイロット信号を復調に適した周波数に変換する N 個の受信用周波数変換手段と、前記受信用周波数変換手段の出力する信号に対してフーリエ変換を施す N 個の高速フーリエ変換手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力する受信信号から、前記第 2 組のアンテナを介して送信された N 個のパイロット信号のそれぞれを抽出するのに必要なタイミング信号を生成するタイミング信号発生手段と、前記高速フーリエ変換手段の出力から抽出された信号に基づいて、前記 OFDM 信号送信装置から送信された N 個のパイロット信号の振幅及び位相をサブキャリア毎に検出し、検出された振幅及び位相に基づいて、前記 N 個の第 1 組のアンテナ及び N 個の第 2 組のアンテナの各々の組み合わせに対応する  $N \times N$  個の要素の伝達係数で構成される行列の逆行列を演算する逆行列演算手段と、前記データ変換手段の生成した各 OFDM シンボルの各サブキャリアに対して、前記逆行列演算手段の求めた逆行列の乗算を行う前置干渉キャンセル手段と、前記前置干渉キャンセル手段の出力する信号に対して逆フーリエ変換を施す N 個の高速逆フーリエ変換手段と、前記高速逆フーリエ変換手段の出

力する信号の周波数を無線周波数に変換する N 個の送信用周波数変換手段と、前記 N 個の送信用周波数変換手段及び N 個の受信用周波数変換手段の全てに共通の局部発振信号を与える局部発振手段と、前記 N 個の第 1 組のアンテナについて送信と受信とを切り替える送受信切替スイッチ手段とを設けたことを特徴とする。

【0045】（作用）本発明では、等化器を用いることなく MIMO チャンネルでの信号伝送システムを実現すべく OFDM 方式を用いる。そして、等化器による時間軸での伝達関数の推定ではなく、例えばパイロット信号を用いてサブキャリア毎の伝達係数（振幅・位相）を直接測定し、サブキャリア毎に OFDM 信号間の干渉キャンセルのための伝達係数を取得する。

【0046】従って、サブキャリア毎に干渉キャンセルを行うため、容易に、かつ、精度の高い干渉キャンセルが可能となる、また、このシステムによれば、等化器を用いる場合のようにフィードバック制御を行う必要がなく、フィードフォワード処理ができるため、厳しい周波数選択性フェージング環境下においても安定な動作を達成できる。

【0047】なお、請求項 1 の逆行列演算手段及び各信号伝達経路の信号を分離する干渉キャンセル手段については、OFDM 信号送信装置及び OFDM 信号受信装置のいずれか一方に配置すればよい。請求項 2～請求項 19 については、逆行列演算手段及び干渉キャンセル手段を OFDM 信号受信装置側に配置する態様を想定している。

【0048】しかしながら、逆行列演算手段及び干渉キャンセル手段については処理が複雑であるので、それらの機能を備えると装置のハードウェア規模が増大し、消費電力も増大する。従って、逆行列演算手段及び干渉キャンセル手段を移動端末に搭載するのは望ましくない。請求項 20～請求項 29 においては、逆行列演算手段及び干渉キャンセル手段の少なくとも一方を OFDM 信号送信装置側に搭載することを想定している。例えば、OFDM 信号送信装置については複数の移動端末を管理する基地局に対応付けて考えればよく、OFDM 信号受信装置については各移動端末に対応付けて考えればよい。従って、移動端末の小型化や電力消費の低減などの課題を克服できる。

【0049】

【発明の実施の形態】（第 1 の実施の形態）請求項 2 に係る発明の 1 つの実施形態を図 1 に示す。この実施形態では、OFDM 信号伝送システムは、2 以上の N 個の送信アンテナを備えアンテナ毎に接続され同一の無線周波数を使用する N 個の OFDM 信号送信装置と、N 個の受信アンテナを備え、アンテナ毎に接続され同一の無線周波数を利用する N 個の OFDM 信号受信装置とで構成される。

【0050】図 1 記載の実施形態の構成と動作について

詳細に説明する。本実施形態では、 $N$ 個の送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  に対応して  $N$  個の OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  が配置される。OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  では、サブキャリアの変調および逆フーリエ変換を行う。これらの OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  には、共通の OFDM シンボルタイミングが OFDM シンボルタイミング制御回路 2 から供給される。

【0051】送信情報信号  $T_1 \sim T_N$  は、各 OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  に対応して既知のパイロット信号  $P_1, P_2, \dots, P_N$  を発生するパイロット信号発生手段  $6-1 \sim 6-N$  から入力されるパイロット信号  $P_1 \sim P_N$  と、多重化手段  $7-1 \sim 7-N$  によってそれぞれ時間軸上において多重化される。この多重化された信号は、それぞれ各 OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  に入力される。

【0052】パイロット信号  $P_i$  は、送信アンテナ  $5-i$  と、受信アンテナ  $8-1 \sim 8-N$  の間の伝達係数を測定するのに用いられる。これらのパイロット信号と送信情報信号とが多重化され、それぞれ  $N$  個の OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  に入力される。これらの OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  は、全て共通の OFDM シンボルタイミングで動作する必要があるため、OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  の全てに共通の OFDM シンボルタイミングが OFDM シンボルタイミング制御回路 2 から供給される。

【0053】OFDM 変調器  $1-1 \sim 1-N$  の変調出力は、無線周波数に変換するため  $N$  個の周波数変換器  $3-1 \sim 3-N$  に入力される。これらの周波数変換器  $3-1 \sim 3-N$  には、局部発振器 4 より共通の局部発振信号が供給される。これにより、送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  より送信される OFDM 信号の位相雑音や周波数変動は全て同一になる。

【0054】一方、OFDM 信号受信装置においても、周波数変換器  $9-1 \sim 9-N$  には局部発振器 10 から共通の局部発振信号が供給されるため、受信される OFDM 信号の位相雑音や周波数変動は全て同一になる。このため、各送信 OFDM 信号は共通の周波数変動をもつことになるから、各サブキャリア間の干渉キャンセル及び同期検波を容易にすることができる。

【0055】周波数変換器  $3-1 \sim 3-N$  で周波数変換された OFDM 信号は、それぞれ送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  に入力され、OFDM 信号受信装置に向けて送信される。OFDM 信号受信装置においては、送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  から送信された  $N$  個の OFDM 信号が空間において加算された信号として各受信アンテナ  $8-1 \sim 8-N$  でそれぞれ受信される。

【0056】受信された信号は、周波数変換器  $9-1 \sim 9-N$  で復調に適した周波数に周波数変換され、高速フーリエ変換器  $11-1 \sim 11-N$  においてフーリエ変換される。ここで、フーリエ変換される OFDM 信号の OFDM シンボルタイミングは、OFDM シンボルタイミ

ング再生手段 9 から供給され、全て共通になっている。OFDM シンボルタイミング再生手段 9 の実現方法については、シンボルタイミング再生用の特別なブリアンプルを別途送出して OFDM シンボルタイミングを再生するなど種々の方法があげられる。送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  から送信される OFDM 変調信号の例を図 2 に示す。図 2 の例では、簡単のためパイロット信号  $P_1, P_2, \dots, P_N$  は時間軸上で互いに重ならないように送信される。

【0057】一方、送信情報信号  $T_1 \sim T_N$  で変調された OFDM 信号は、時間軸上において重ねて送信される。パイロット信号  $P_1, P_2, \dots, P_N$  は、送信アンテナ  $5-i$  から受信アンテナ  $8-j$  への伝達関数を知るために用いられる。パイロット信号  $P_1 \sim P_N$  としては、一般には各サブキャリアの振幅をすべて同一とすると、サブキャリア毎、受信アンテナの系統毎に同一の処理でよいいため、信号処理を容易にすることができる。

【0058】このパイロット信号を用いると、OFDM 信号の各サブキャリアは、OFDM シンボル内では一定振幅で一定位相の信号であるから、送信アンテナ  $5-1$  から受信アンテナ  $8-i$  への伝達関数は、以下のようにして求められる。送信アンテナ  $5-1$  から送信されたパイロット信号  $P_i$  は、受信アンテナ  $8-1 \sim 8-N$  で受信される。この受信されたパイロット信号は、周波数変換器  $9-1 \sim 9-N$  において周波数変換された後、 $N$  個の高速フーリエ変換器  $11-1 \sim 11-N$  に送られる。

【0059】高速フーリエ変換器  $11-1 \sim 11-N$  において、受信パイロット信号は各サブキャリア毎に分離される。この各受信サブキャリア信号の振幅及び位相を検出することにより、サブキャリア毎の伝達関数を複素数として測定できる。送信アンテナ  $5-i$  から送信され、受信アンテナ  $8-j$  で受信されたサブキャリアの伝達関数は複素数  $s_{i,j}$  として得られる。ここで、このサブキャリア毎の伝達関数である複素数  $s_{i,j}$  を伝達係数と呼ぶ。

【0060】OFDM 信号のサブキャリア数を  $M$  とすると、送信アンテナ  $5-i$  から受信アンテナ  $8-j$  への伝達関数は、サブキャリア毎の複素数  $s_{i,j}$  の組、すなわち  $M$  個の複素数  $s_{i,j}$  によって表される。この伝達関数は、送信アンテナの数  $N$  と受信アンテナの数  $N$  との積 ( $N \times N$ ) だけ得られる。すなわち、( $M \times N \times N$ ) 個の複素数により、すべての送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  と受信アンテナ  $8-1 \sim 8-N$  との組み合わせの伝達関数が得られることになる。

【0061】ここで、ある 1 つのサブキャリアに着目して、送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  からの送信信号を ( $t_1, t_2, \dots, t_N$ )、受信アンテナ  $8-1 \sim 8-N$  で受信される受信信号を ( $r_1, r_2, \dots, r_N$ ) で表す。  $i$  番目のサブキャリアの伝達係数を送信アンテナ  $5-1 \sim 5-N$  と受信アンテナ  $8-1 \sim 8-N$  との組み合わせに

応じて行列式 $S_i$ で表すと、 $(N \times N)$ 要素の行列式として表すことができる。この行列式 $S_i$ は次式で与えられる。

【数3】

$$S_i = \begin{pmatrix} s_{1,1} & s_{1,2} & \cdots & s_{1,N-1} & s_{1,N} \\ s_{2,1} & s_{2,2} & \cdots & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ s_{N-1,1} & \cdot & \cdots & \cdot & s_{N-1,N} \\ s_{N,1} & \cdot & \cdots & s_{N,N-1} & s_{N,N} \end{pmatrix} \quad \cdots (3)$$

$i$ 番目のサブキャリアに着目すると、受信アンテナ $8-1 \sim 8-N$ で受信される受信信号 $(r_1, r_2, \cdots, r_N)$ は、送信アンテナ $5-1 \sim 5-N$ で送信される送信信号 $(t_1, t_2, \cdots, t_N)$ と行列式 $S_i$ を用いて次式で表される。

【数4】

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ r_N \end{pmatrix} = S_i \cdot \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ t_N \end{pmatrix} \quad \cdots (4)$$

受信アンテナ $8-1 \sim 8-N$ では、送信アンテナ $5-1 \sim 5-N$ から送信されたOFDM信号が重畳して受信されるので、これらを復調するためには、受信信号 $(r_1, r_2, \cdots, r_N)$ から、もとの送信信号 $(t_1, t_2, \cdots, t_N)$ を復元する必要がある。受信信号 $(r_1, r_2, \cdots, r_N)$ から送信信号 $(t_1, t_2, \cdots, t_N)$ を復元するためには、サブキャリア毎に $S_i$ の逆行列 $S_i^{-1}$ を計算し、サブキャリア毎に下式の演算を行えばよい。

【数5】

$$\begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ t_N \end{pmatrix} = S_i^{-1} \cdot \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ r_N \end{pmatrix} \quad \cdots (5)$$

逆行列演算手段13では、このように、 $N$ 個の送信アンテナ $5-1 \sim 5-N$ と $N$ 個の受信アンテナ $8-1 \sim 8-N$ の各組み合わせについて、受信パイロット信号の受信振幅及び位相を既知のパイロット信号の振幅・位相で正

規化し、 $i$ 番目のサブキャリア毎に伝達係数である複素数を要素とする $(N \times N)$ の行列式 $S_i$ を測定により求め、その逆行列 $S_i^{-1}$ を計算して記憶する。

【0062】この $i$ 番目のサブキャリア毎に得られた逆行列 $S_i^{-1}$ を用いて、サブキャリア復調手段14では、 $N$ 個の高速フーリエ変換器 $11-1 \sim 11-N$ の出力である各受信OFDM信号の $i$ 番目のサブキャリアである $(r_{11}, r_{12}, \cdots, r_{1N})$ に対して $((r_{11}, r_{12}, \cdots, r_{1N}) \times S_i^{-1})$ の演算を行う。これにより、振幅・位相の基準となるパイロット信号をもとにした振幅・位相出力が得られるが、これはとりもなおさず、サブキャリア毎に同期検波された復調出力となる。

【0063】このように、 $((r_{11}, r_{12}, \cdots, r_{1N}) \times S_i^{-1})$ の演算を行うことにより、各送信OFDM信号の $i$ 番目のサブキャリアである $(t_{11}, t_{12}, \cdots, t_{1N})$ の復調出力を得ることができる。この演算を、全てのサブキャリアについて行うことにより、送信情報信号 $(t_{11}, t_{12}, \cdots, t_{1N})$ を復調することができる。このように、パイロット信号を用いてサブキャリア毎の振幅・位相を測定することにより、受信信号 $(r_{11}, r_{12}, \cdots, r_{1N})$ から送信信号 $(t_{11}, t_{12}, \cdots, t_{1N})$ を復元するための伝達関数 $S_i$ が得られ、その逆行列 $S_i^{-1}$ を計算し、 $((r_{11}, r_{12}, \cdots, r_{1N}) \times S_i^{-1})$ の演算を行うことにより、送信信号 $(t_{11}, t_{12}, \cdots, t_{1N})$ を復元し、復調出力を得ることができる。

【0064】このように、本発明によれば、サブキャリア毎に干渉キャンセルのための伝達係数 $S_i$ が得られ、 $((r_{11}, r_{12}, \cdots, r_{1N}) \times S_i^{-1})$ の演算だけで、チャネル間の干渉をキャンセルし、送信信号 $(t_{11}, t_{12}, \cdots, t_{1N})$ を復元すると共に、復調が可能となる。また、ここで説明したように、本発明では等化器における複雑な信号処理を行う必要がなく、フィードバック制御を行わない、いわゆるフィードフォワード制御になっているため、厳しいマルチパスフェージング環境においても、安定な動作が期待できる。

【0065】(第2の実施の形態)次に、請求項2に係る発明のもう1つの実施形態について図3を用いて説明する。フェージングに対する特性を改善するため、一般にOFDMは誤り訂正及びインタリーブを組み合わせて用いられる。誤り訂正及びインタリーブを組み合わせた実施の形態が図3に示されている。

【0066】図3において、送信情報信号 $(t_{11}, t_{12}, \cdots, t_{1N})$ は、誤り訂正符号器15-1~15-Nにおいて誤り訂正符号化が行われた後、インタリーブ16-1~16-Nにおいてサブキャリア方向、すなわち周波数軸方向においてインタリーブが行われる。これは、ある周波数近傍におけるレベルの落ち込み(ノッチ)に対して連続誤りを避け、高い誤り訂正符号化利得を得るために行われる。

【0067】受信側においては、復調出力は、デインタリーバ17-1~17-Nにおいて送信側のインタリーブと逆の操作であるデインタリーブが行われ、その後、誤り訂正復号器18-1~18-Nで復号される。本実施形態は第1の実施の形態の変形例であり、第1の実施の形態と同一の構成要素を含んでいる。上記以外の構成要素については、第1の実施の形態と同一なので説明は省略する。

【0068】（第3の実施の形態）図3の構成では、比較的長遅延のフェージングの場合は、連続誤りが生じないため良好な特性が得られるが、短遅延のフェージングの場合、図4のように周波数軸上でのフェージング周期が長くなるため、ノッチが広くなり、この部分において連続誤りが生じやすくなり、誤り訂正利得が小さくなるという問題がある。

【0069】請求項8に係る発明について、図5を参照して説明する。この発明は、上記のような誤り訂正利得の低下を改善するための発明である。送信情報信号（ $t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1N}$ ）は、図5に示す誤り訂正符号器15-1~15-Nにおいて誤り訂正符号化が行われた後、インタリーバ16においてサブキャリア方向（周波数軸方向）及び送信アンテナ方向（空間方向）において、複合してインタリーブを行う。

【0070】受信側では、復調出力は、デインタリーバ17において送信側のインタリーブと逆の操作であるデインタリーブが行われ、その後、誤り訂正復号器18-1~18-Nで復号される。このようにすることにより、アンテナ方向と周波数軸方向とを組み合わせることで、周波数ダイバーシチ効果に加えてアンテナ（空間）ダイバーシチ効果も得られる。このため、短遅延のフェージングにおいても連続誤りの発生が軽減され、誤り訂正符号化利得の低下を小さくすることができ、高品質化を図ることができる。

【0071】なお、1つの誤り訂正符号器の出力を、インタリーバ16においてサブキャリア方向及び送信アンテナ方向に複合してインタリーブを行い、受信側ではデインタリーバ17においてデインタリーブを行い、1つの誤り訂正復号器で復号する場合も同じ効果が得られる。

（第4の実施の形態）次に、請求項5及び請求項11に係る発明の1つの実施形態について、図6を参照して説明する。図6に示すように、この発明では送信アンテナ数が2であり、受信アンテナ数も2になっている。

【0072】送信側では、送信アンテナ5-1 Aと送信アンテナ5-2 Aとの偏波を異なる偏波、例えば垂直偏波と水平偏波とし、さらに受信側においては、受信アンテナ8-1 Aと受信アンテナ8-2 Aとを、同様に異なる偏波、例えばそれぞれ垂直偏波と水平偏波とする。これにより、例えば送信アンテナ5-1 Aと受信アンテナ8-1 Aとの間の経路と、送信アンテナ5-2 Aと受信

アンテナ8-2 Aとの間の経路とを送受信アンテナの偏波識別度により分離することができる。ここで、 $i$  番目のサブキャリアの伝達関数  $S_i$  は  $(2 \times 2)$  の要素の行列式として、次式で与えられる。

【数6】

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{bmatrix} \dots \quad (6)$$

この行列式において、送受信アンテナの偏波識別度により分離することができることは、 $S_{11}$ ,  $S_{22}$  の絶対値は  $S_{12}$ ,  $S_{21}$  の絶対値に比べて十分大きいことを意味する。従って、 $S_i$  に対する逆行列  $S_i^{-1}$  を計算する場合、逆行列演算において行列式の分母が0にならないようにすることができるため、各アンテナ毎に受信されるOFDM信号  $R_1, R_2$  の  $i$  番目のサブキャリアの組である  $(r_1, r_2)$  に対して、 $(r_1, r_2) \times S_i^{-1}$  の演算が発散しにくくなる。

【0073】したがって、送信信号（ $t_1, t_2$ ）の受信側における分離度を大きくでき、安定な通信が可能になる。また、本装置を用いてセルラー構成による展開を考えた場合、偏波が異なるセルに対しては、干渉を偏波識別度分だけ軽減できる。したがって、電力を2倍に増加して伝送容量を増加させても、干渉電力は異なる偏波に対しては偏波識別度分だけ小さくできるため、偏波毎にみると干渉電力は増加しない。このため、セルラー構成による展開においても、干渉電力が増加しないことから、同一偏波を用いる場合に比べ、本発明によればシステムの面的な容量を約2倍にすることができる。

【0074】（第5の実施の形態）次に請求項5及び請求項11に係る発明のもう1つの実施形態を、図7を参照して説明する。図7に示すように、この発明では送信アンテナ数が2であり、受信アンテナ数も2になっている。

【0075】送信側では、送信アンテナ5-1 Aと送信アンテナ5-2 Aとの偏波を異なる偏波、例えば垂直偏波と水平偏波とし、さらに受信側においては、受信アンテナ8-1 Aと受信アンテナ8-2 Aとを、同様に異なる偏波、例えばそれぞれ垂直偏波と水平偏波とする。これにより、例えば送信アンテナ5-1 Aと受信アンテナ8-1 Aとの間の経路と、送信アンテナ5-2 Aと受信アンテナ8-2 Aとの間の経路とを送受信アンテナの偏波識別度により分離することができる。

【0076】本発明によれば、送信信号（ $t_1, t_2$ ）の受信側における分離度を大きくできると共に、偏波が異なるため、図5の実施形態の場合と同様に比較的短遅延のフェージングの場合においても、OFDMに特有の周波数ダイバーシチ効果に加えて、アンテナ（空間）と偏波とによるダイバーシチの相関係数を小さくすることが

10

20

30

40

50

できる。したがって、大きなダイバーシチ効果が得られ、連続誤りの発生が軽減され、誤り訂正符号化利得の低下を小さくすることができ、高品質化を図ることができる。

【0077】(第6の実施の形態)次に、請求項17に係る発明の実施形態について、図8を用いて説明する。この形態では、図6の実施形態と同様に送信アンテナ数が2、受信アンテナ数が2であり、送信側においては送信アンテナ5-1Aと送信アンテナ5-2Aとの偏波を異なる偏波、例えば垂直偏波と水平偏波とし、さらに受信側においては、受信アンテナ8-1Aと受信アンテナ8-2Aとを同様に異なる偏波、例えばそれぞれ垂直偏波と水平偏波とする。

【0078】これによれば、異なる偏波を用いているために偏波ダイバーシチの効果が期待でき、通信品質の改善をはかることができる。本発明では、送信情報信号を分配して同じ送信情報信号をOFDM変調器1-1、1-2に対して入力する場合と、直並列変換した送信情報信号 $T_1$ 、 $T_2$ を入力する場合とで切り替えが行われる。ここで、直並列変換した送信情報信号を送る場合は、同じ送信情報信号を送る場合に比べて、情報伝送速度は2倍になる。

【0079】一方、同一の送信情報信号を送出する場合には、受信側では2つのサブキャリア復調出力を加算するか又は2つのサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力するため、ダイバーシチ効果を得ることができ、高品質化を図ることができる。本発明では、受信品質を測定する通信品質測定手段22において受信品質を測定し、第1の切替器20において、切替判定のための閾値に対して受信品質が低ければ同じ送信情報信号を、高ければ直並列変換した送信情報信号 $T_1$ 、 $T_2$ をOFDM変調器1-1、1-2に送出する。

【0080】一方、受信側では、第2の切替器21において、切替判定のための閾値に対して受信品質が低ければ2つのサブキャリア復調出力を加算する、または2つのサブキャリア復調出力のうち受信レベルの大きい方を出力する。閾値より高ければ復調出力をそのまま出力する。この第1の切替器20と第2の切替器21の切替制御は通信品質測定手段22の測定結果をもとに行われる。

【0081】これにより、伝送速度は1/2になるものの、2つのOFDM変調器により同一の送信情報信号を送信すれば、偏波ダイバーシチ効果が得られるため高品質化が図れる。一方、伝搬環境がよい場合には、図6の実施形態と同様に、偏波の異なるOFDM信号を分離できるため、異なる送信情報を送信することができ、2倍の伝送容量を、必要とする周波数を増加させることなく伝送できる。このように、品質及び伝送容量を伝搬環境や受信品質に応じて適応的に制御することが可能になる。

【0082】以上の実施の形態では、送信装置においては、各OFDM変調器の送信OFDMシンボルタイミングおよび周波数変換器の局部発振器を共通とし、送受信アンテナ間の伝達係数を推定するためにパイロットを送出する。さらに受信装置においては、周波数変換器の局部発振器を共通にすると共に、高速フーリエ変換器の出力に対して、前記のパイロット信号を用いて、送受信アンテナの $N \times N$ の組み合わせについて、各サブキャリア毎のパイロット信号の受信振幅と位相を検出して伝達係数を測定する。

【0083】これをもとにし、サブキャリア毎に $N \times N$ の行列 $S_i$ に対する逆行列 $S_i^{-1}$ を計算し、高速フーリエ変換器の出力に対して、サブキャリア毎に、受信信号 $(r_1, r_2, \dots, r_N)$ に対して $((r_1, r_2, \dots, r_N) \times S_i^{-1})$ の演算を行うことにより、送信OFDM信号の $i$ 番目のサブキャリアである $(t_1, t_2, \dots, t_N)$ の振幅・位相を推定することができる。したがって、等化器を用いることなくOFDM方式によりMIMOチャネルでの信号伝送装置が実現される。

【0084】(第7の実施の形態)次に、本発明のもう1つの実施の形態について、図9を参照しながら説明する。この形態は、請求項1、請求項20～請求項22及び請求項26に対応する。図9はこの形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。この形態では、請求項1の送信アンテナ、OFDM信号送信装置、受信アンテナ、OFDM信号受信装置、逆行列演算手段及び干渉キャンセル手段は、それぞれアンテナ37、OFDM信号送信装置30、アンテナ51、OFDM信号受信装置50、逆行列演算器57及び前置干渉キャンセラ32に対応する。

【0085】また、請求項20におけるOFDM信号送信装置のパイロット信号発生手段、データ変換手段、逆行列受信手段、前置干渉キャンセル手段、多重化手段、高速逆フーリエ変換手段、シンボルタイミング発生手段、送信用周波数変換手段及び送信用局部発振手段はそれぞれパイロット信号発生器34、データ変換器31、受信機41、前置干渉キャンセラ32、多重化回路33、高速逆フーリエ変換器35、タイミング信号発生器38、周波数変換器36及び局部発振器39に対応し、OFDM信号受信装置の受信用周波数変換手段、受信用局部発振手段、高速フーリエ変換手段、復調手段、タイミング信号発生手段、逆行列演算手段及び逆行列情報送信手段はそれぞれ周波数変換器52、局部発振器55、高速フーリエ変換器53、復調器54、タイミング信号発生器56、逆行列演算器57及び送信機58に対応する。

【0086】また、請求項26の情報送信用アンテナ及び情報受信用アンテナは、それぞれ送信アンテナ59及び受信アンテナ40に対応する。図9に示すOFDM信号伝送システムは、OFDM信号送信装置30及びOF



DM信号受信装置50で構成されている。なお、このOFDM信号伝送システムを移動体通信などに適用する場合には、OFDM信号送信装置30を基地局側に搭載し、OFDM信号受信装置50を利用者側の移動端末に搭載するのが望ましい。

【0087】図9に示すように、OFDM信号送信装置30には、データ変換器31、前置干渉キャンセラ32、多重化回路33、パイロット信号発生器34、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36、アンテナ37、タイミング信号発生器38、局部発振器39、受信アンテナ40及び受信機41が備わっている。また、データ変換器31、多重化回路33、パイロット信号発生器34、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36及びアンテナ37は、それぞれN個(複数)が備わっている。

【0088】一方、OFDM信号受信装置50にはアンテナ51、周波数変換器52、高速フーリエ変換器53、復調器54、局部発振器55、タイミング信号発生器56、逆行列演算器57、送信機58及び送信アンテナ59が備わっている。また、アンテナ51、周波数変換器52、高速フーリエ変換器53及び復調器54は、それぞれN個(複数)が備わっている。

【0089】OFDM信号送信装置30における構成要素数NとOFDM信号受信装置50における構成要素数Nとは同一である。すなわち、後述する逆行列を求めるためには送信側のアンテナ数Nと受信側のアンテナ数Nとを同一にする必要がある。

【0090】データ変換器31(1)~31(N)は、それぞれ入力される送信データ $T_1 \sim T_N$ をOFDMシンボルに変換する。各データ変換器31は、シリアル信号として入力されるデータ列を各々シンボルに変調するための変調器(例えばBPSK, QPSK, ASKなどの変調器)とシンボルをパラレル信号に変換する直並列変換器とを内蔵している。すなわち、入力された送信データに対応するシンボルがパラレル信号形式でデータ変換器31から出力される。

【0091】受信機41は、OFDM信号受信装置50から送信される逆行列の情報を受信アンテナ40を介して受信し逆行列を取得する。前置干渉キャンセラ32は、受信機41で取得された逆行列を用いて干渉キャンセルのための前置処理を行う。具体的には、送信データ $T_1 \sim T_N$ に対してデータ変換器31(1)~31(N)が出力するOFDMシンボル( $M_1, M_2, \dots, M_N$ )の各々のサブキャリア成分( $m_1, m_2, \dots, m_N$ )の全てについて前記逆行列を乗算する。

【0092】N個のパイロット信号発生器34(1)~34(N)は、それぞれ互いに異なる既知のパイロット信号を出力する。多重化回路33(1)~33(N)のそれぞれは、前置干渉キャンセラ32から出力されるOFDMシンボルと、パイロット信号発生器34(1)~34(N)から

出力されるパイロット信号とを時間軸上で多重化した信号を出力する。

【0093】高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)のそれぞれは、多重化回路33(1)~33(N)から出力される信号に対して高速逆フーリエ変換(FFT)処理を施す。N個の高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)には、タイミング信号発生器38から共通のシンボルタイミング信号が供給される。高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)のそれぞれが出力するOFDM信号は、周波数変換器36(1)~36(N)で無線周波数に周波数変換される。N個の周波数変換器36(1)~36(N)には、局部発振器39から共通の局部発振信号が供給される。

【0094】従って、周波数変換器36(1)~36(N)の出力と接続されたN個のアンテナ37(1)~37(N)からは、同一の無線周波数のOFDM信号が電波として同時に送信される。アンテナ37(1)~37(N)から送信されたN個のOFDM信号は、空間上で加算され、OFDM信号受信装置50側の互いに異なる位置に配置されたN個のアンテナ51(1)~51(N)でそれぞれ受信される。

【0095】アンテナ51(1)~51(N)で受信されたOFDM信号は、それぞれ周波数変換器52(1)~52(N)を通して信号処理に適した比較的低い周波数のOFDM信号に周波数変換される。周波数変換器52(1)~52(N)には、局部発振器55から共通の局部発振信号が供給される。周波数変換器52(1)~52(N)から出力されるOFDM信号は、それぞれ高速フーリエ変換器53(1)~53(N)に入力され、高速フーリエ変換(FFT)処理を施される。高速フーリエ変換器53(1)~53(N)から出力されるOFDMシンボルの信号は、それぞれ復調器54(1)~54(N)に入力されビット列に復調される。

【0096】なお、図9に示すOFDM信号受信装置50には干渉キャンセラに相当する要素は含まれていない。このOFDM信号伝送システムにおいては、OFDM信号送信装置30側の前置干渉キャンセラ32の働きによって干渉がキャンセルされる。OFDM信号受信装置50に干渉キャンセラを設ける必要がないので、OFDM信号受信装置50の構成が簡素化され、消費電力も抑制される。

【0097】逆行列演算器57は、高速フーリエ変換器53(1)~53(N)のそれぞれの出力から受信したパイロット信号を抽出する。そして、サブキャリアの成分毎に、N個の送信側のアンテナ37(1)~37(N)とN個の受信側のアンテナ51(1)~51(N)との各々の組み合わせに対応する( $N \times N$ )個のパイロット信号の受信振幅及び位相を検出する。すなわち、パイロット信号は既知であるので、受信したパイロット信号を既知信号を用いて正規化することにより、送信側のアンテナと受信側のアンテナとの間の伝達関数を表す伝達係数を検出することができる。

【0098】また、逆行列演算器57は検出した伝達係数を成分とし( $N \times N$ )個の要素で構成される行列 $A_i$ の逆行列 $A_i^{-1}$ を演算して求める。送信機58は、逆行列演算器57が求めた逆行列 $A_i^{-1}$ の情報を、送信アンテナ59を介してOFDM信号送信装置30に送信する。なお、この形態ではOFDM信号受信装置50側の逆行列演算器57が求めた逆行列 $A_i^{-1}$ の情報をOFDM信号送信装置30に伝達するために送信機58、送信アンテナ59、受信アンテナ40及び受信機41を格別

に備えているが、予め備わっている構成要素で置き換えることもできる。  
【0099】例えば、送信アンテナ59の代わりにアンテナ51を利用したり、受信アンテナ40の代わりにアンテナ37を利用することもできる。次に、OFDM信号送信装置30及びOFDM信号受信装置50の各部の動作について更に詳細に説明する。OFDM信号送信装置30において各パイロット信号発生器34(1)~34(N)から出力される既知のパイロット信号は、それぞれ多重化回路33(1)~33(N)で送信信号に多重化され、アンテナ37(1)~37(N)からそれぞれ送信される。

【0100】ここでは、各アンテナ37(j)からそれぞれ送信されるパイロット信号を $P_j$ で表す。各パイロット信号 $P_j$ は、送信データの信号と同様に多重化回路33、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36を通るので、送信データと同様にOFDM変調される。また、高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)にはタイミング信号発生器38から共通のシンボルタイミングがそれぞれ供給され、周波数変換器36(1)~36(N)には局部発振器39から共通の局部発振周波数が供給される。

【0101】このため、アンテナ37(1)~37(N)からそれぞれ送信される各OFDM信号の各サブキャリアのOFDMシンボルタイミングは全ての系統について共通になる。また、OFDM信号の搬送波信号はコヒーレントになる。したがって、OFDM信号受信装置50においては自動周波数制御やOFDMシンボルタイミング再生を各OFDM信号毎に個別に行う必要がない。このため、OFDM信号受信装置50における信号処理量は比較的少ない。

【0102】各アンテナ37(j)からそれぞれ送信されるパイロット信号を $P_j$ を含むOFDM信号は、OFDM信号受信装置50内のアンテナ51(1)~51(N)でそれぞれ受信される。ここで、送信側のj番目のアンテナ37(j)から送信され、受信側のk番目のアンテナ51(k)で受信される受信パイロット信号を $P_{j,k}$ で表し、送信側のアンテナ37(j)と受信側のアンテナ51(k)との間の伝達応答を $H_{j,k}$ で表すと、次式の関係が成立する。

【数7】

$$P_{j,k} = P_j \times H_{j,k} \quad (j=1 \sim N, k=1 \sim N) \quad \dots (7)$$

OFDM信号受信装置50においては、受信パイロット信号を $P_{j,k}$ は周波数変換器52で周波数変換された後、高速フーリエ変換器53でフーリエ変換される。これによって、受信パイロット信号 $P_{j,k}$ は各サブキャリアの成分毎に分離される。逆行列演算器57は、サブキャリアの成分毎に分離された受信パイロット信号 $P_{j,k}$ を高速フーリエ変換器53の出力から入力し、逆行列を演算する。

【0103】なお、OFDM信号受信装置50が受信信号の中から受信パイロット信号を抽出するためにはパイロット信号を識別する必要があるが、例えばOFDM信号送信装置30側が送信する信号においてパイロット信号の前にそれを識別するためのプリアンプルを付加しておけば容易に識別できる。また、例えばOFDM信号送信装置30において、送出する各パイロット信号 $P_1, P_2, \dots, P_N$ が時間軸上で重ならないようにタイミングを互いにずらして送信すれば、OFDM信号受信装置50では各パイロット信号 $P_1, P_2, \dots, P_N$ を互いに分離することができる。

【0104】逆行列演算器57は、送信側のアンテナ37(1)~37(N)と受信側のアンテナ51(1)~51(N)との各々の組み合わせに対応する( $N \times N$ )組のそれぞれについて、入力された受信パイロット信号の受信振幅及び位相(同期検波に用いる基準キャリアの振幅及び位相)をサブキャリア毎に検出する。したがって、サブキャリアの成分毎に、送信側のアンテナ37(1)~37(N)と受信側のアンテナ51(1)~51(N)との各々の組み合わせに対応する( $N \times N$ )個の要素をもつ伝達係数の行列 $A_i$ (添字iは各サブキャリアの成分を表す)が得られる。

【0105】さらに、逆行列演算器57は、サブキャリアの成分毎に伝達係数の行列 $A_i$ の逆行列 $A_i^{-1}$ を演算し、この逆行列 $A_i^{-1}$ の情報を送信機58に出力する。ここで、受信パイロット信号 $P_{j,k}$ 、パイロット信号 $P_j$ 、及び伝達応答 $H_{j,k}$ のi番目のサブキャリアの成分をそれぞれ $p_{i,j,k}$ 、パイロット信号 $p_{i,j}$ 、及び伝達応答 $h_{i,j,k}$ で表すと、前記第(7)式と同様に次式が成立する。

$$p_{i,j,k} = p_{i,j} \times h_{i,j,k} \quad (j=1 \sim N, k=1 \sim N) \quad \dots (8)$$

したがって、行列 $A_i$ の各成分は伝達応答 $h_{i,j,k}$ そのものであり、行列 $A_i$ は次式で表される。

【数9】

$$A_i = \begin{bmatrix} h_{i:1,1} & h_{i:1,2} & \dots & h_{i:1,N} \\ h_{i:2,1} & & & \\ \vdots & & \ddots & \\ h_{i:N,1} & \dots & & h_{i:N,N} \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

逆行列演算器57の求めた逆行列 $A_i^{-1}$ の情報は、送信機58の内部で変調され送信アンテナ59を介して電波として送信される。この逆行列 $A_i^{-1}$ の情報は、OFDM信号送信装置30側の受信アンテナ40で受信され、受信機41の内部で復調される。受信機41の取得した逆行列 $A_i^{-1}$ の情報が前置干渉キャンセラ32に入力される。

【0106】前置干渉キャンセラ32は、逆行列 $A_i^{-1}$ の情報をを用いて、送信するデータ信号( $T_1, T_2, \dots, T_N$ )に対応するデータ変換器31(1)~31(N)の出力信号( $M_1, M_2, \dots, M_N$ )の*i*番目のサブキャリア成分に( $m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{iN}$ )対して  
( $(m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{iN}) \times A_i^{-1}$ )の演算を全てのサブキャリア成分に対して行う。

$$(t_{i:1}, t_{i:2}, \dots, t_{i:N})$$

$$= (m_{i:1}, m_{i:2}, \dots, m_{i:N}) \times A_i^{-1} \quad \dots (10)$$

送信されたデータ信号は、OFDM信号受信装置50の各アンテナ51(1)~51(N)で受信されるが、受信される信号は前記伝達応答 $h_{i:j,k}$ の影響を受ける。すなわち、受信されるデータ信号の*i*番目のサブキャリア成分※

$$(r_{i:1}, r_{i:2}, \dots, r_{i:N})$$

$$= (t_{i:1}, t_{i:2}, \dots, t_{i:N}) \times A_i \quad \dots (11)$$

前記第(10)式、第(11)式に基づき次式が得られる。 ★ ★ 【数12】

$$(r_{i:1}, r_{i:2}, \dots, r_{i:N})$$

$$\begin{aligned} &= (t_{i:1}, t_{i:2}, \dots, t_{i:N}) \times A_i \\ &= (m_{i:1}, m_{i:2}, \dots, m_{i:N}) \times A_i^{-1} \times A_i \\ &= (m_{i:1}, m_{i:2}, \dots, m_{i:N}) \quad \dots (12) \end{aligned}$$

すなわち、OFDM信号送信装置30が送信するデータ信号のシンボル( $m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{iN}$ )をOFDM信号受信装置50は受信信号( $r_{i:1}, r_{i:2}, \dots, r_{i:N}$ )からそのまま取得することができる。

【0109】また、高速フーリエ変換器53(1)~53

\* 【0107】そして、前置干渉キャンセラ32の演算結果の*j* ( $j=1 \sim N$ )番目の各成分が、それぞれ*j*番目のアンテナ37(*j*)に対応する多重化回路33(*j*)に入力される。各多重化回路33(1)~33(N)で多重化されたデータ信号は、それぞれ高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)で逆フーリエ変換され、周波数変換器36(1)~36(N)で無線周波数の信号に周波数変換され、各アンテナ37(1)~37(N)からOFDM信号受信装置50に向けて送信される。

【0108】各アンテナ37(1)~37(N)から送信されるデータ信号の*i*番目のサブキャリア成分( $t_{i:1}, t_{i:2}, \dots, t_{i:N}$ )は、次式で表される。

【数10】

※を( $r_{i:1}, r_{i:2}, \dots, r_{i:N}$ )で表すと次式が成立する。

【数11】

※(N)の出力に得られる受信信号、すなわちシンボル( $m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{iN}$ )を復調器54(1)~54(N)で復調しビット列に変換することにより、OFDM信号送信装置30が送信する元のデータ信号( $T_1, T_2, \dots, T_N$ )が取得できる。以上のように動作するので、

同一伝搬路の同一周波数帯域を用いてN個のOFDM信号を同時に伝送するにもかかわらず、OFDM信号受信装置50側に干渉キャンセルのための構成要素を設けることなく、図1に示す実施の形態と同様にそれぞれのデータ信号を分離して受信することができる。

【0110】この形態では、干渉キャンセルのための前置干渉キャンセラ32をOFDM信号送信装置30側に設けるので、OFDM信号受信装置50側の信号処理が簡素化される。すなわち、OFDM信号受信装置50の構成の簡略化や消費電力の軽減が実現するので、例えば移動端末にOFDM信号受信装置50を搭載する場合を想定すると、移動端末の小型化及び経済化が可能になる。

【0111】(第8の実施の形態)次に、本発明のもう1つの実施の形態について、図10を参照しながら説明する。この形態は、請求項1、請求項23～請求項25及び請求項26に対応する。図10はこの形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。この形態は、第7の実施の形態の変形例である。図10において、図9と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。

【0112】この形態では、請求項1の送信アンテナ、OFDM信号送信装置、受信アンテナ、OFDM信号受信装置、逆行列演算手段及び干渉キャンセル手段は、それぞれアンテナ37、OFDM信号送信装置30、アンテナ51、OFDM信号受信装置50、逆行列演算器42及び前置干渉キャンセラ32に対応する。また、請求項23におけるOFDM信号送信装置のパイロット信号発生手段、データ変換手段、情報受信手段、逆行列演算手段、多重化手段、高速逆フーリエ変換手段、シンボルタイミング発生手段、送信用周波数変換手段及び送信用局部発振手段はそれぞれパイロット信号発生器34、データ変換器31、受信機41、逆行列演算器42、多重化回路33、高速逆フーリエ変換器35、タイミング信号発生器38、周波数変換器36及び局部発振器39に対応し、OFDM信号受信装置の受信用周波数変換手段、受信用局部発振手段、高速フーリエ変換手段、復調手段、タイミング信号発生手段及び情報送信手段は、それぞれ周波数変換器52、局部発振器55、高速フーリエ変換器53、復調器54、タイミング信号発生器56及び送信機60に対応する。

【0113】また、請求項26の情報送信用アンテナ及び情報受信信用アンテナは、それぞれ送信アンテナ59及び受信アンテナ40に対応する。図10に示すOFDM信号伝送システムは、図9のシステムと同様にOFDM信号送信装置30及びOFDM信号受信装置50で構成されている。なお、このOFDM信号伝送システムを移動体通信などに適用する場合には、OFDM信号送信装置30を基地局側に搭載し、OFDM信号受信装置50を利用者側の移動端末に搭載するのが望ましい。

【0114】図10に示すように、OFDM信号送信装置30には、データ変換器31、前置干渉キャンセラ32、多重化回路33、パイロット信号発生器34、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36、アンテナ37、タイミング信号発生器38、局部発振器39、受信アンテナ40、受信機41及び逆行列演算器42が備わっている。

【0115】また、データ変換器31、多重化回路33、パイロット信号発生器34、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36及びアンテナ37は、それぞれN個(複数)が備わっている。一方、OFDM信号受信装置50にはアンテナ51、周波数変換器52、高速フーリエ変換器53、復調器54、局部発振器55、タイミング信号発生器56、送信機60及び送信アンテナ59が備わっている。

【0116】また、アンテナ51、周波数変換器52、高速フーリエ変換器53及び復調器54は、それぞれN個(複数)が備わっている。OFDM信号送信装置30における構成要素数NとOFDM信号受信装置50における構成要素数Nとは同一である。すなわち、後述する逆行列を求めるためには送信側のアンテナ数Nと受信側のアンテナ数Nとを同一にする必要がある。

【0117】データ変換器31(1)～31(N)は、それぞれ入力される送信データ $T_1 \sim T_N$ をOFDMシンボルに変換する。各データ変換器31は、シリアル信号として入力されるデータ列を各々シンボルに変調するための変調器(例えばBPSK、QPSK、ASKなどの変調器)とシンボルをパラレル信号に変換する直並列変換器とを内蔵している。すなわち、入力された送信データに対応するシンボルがパラレル信号形式でデータ変換器31から出力される。

【0118】受信機41は、OFDM信号受信装置50から送信される受信パイロット信号の情報を受信アンテナ40を介してOFDM信号受信装置50から受信し、受信した信号を復調する。逆行列演算器42は、受信機41の受信した受信パイロット信号の情報に基づいて、検出された伝達係数を成分とし( $N \times N$ )個の要素で構成される行列 $A_i$ の逆行列 $A_i^{-1}$ を演算して求める。

【0119】前置干渉キャンセラ32は、逆行列演算器42が求めた逆行列を用いて干渉キャンセルのための前置処理を行う。具体的には、送信データ $T_1 \sim T_N$ に対してデータ変換器31(1)～31(N)が出力するOFDMシンボル( $M_1, M_2, \dots, M_N$ )の各々のサブキャリア成分( $m_1, m_2, \dots, m_N$ )の全てについて前記逆行列を乗算する。

【0120】N個のパイロット信号発生器34(1)～34(N)は、それぞれ互いに異なる既知のパイロット信号を出力する。多重化回路33(1)～33(N)のそれぞれは、前置干渉キャンセラ32から出力されるOFDMシンボルと、パイロット信号発生器34(1)～34(N)から

出力されるパイロット信号とを時間軸上で多重化した信号を出力する。

【0121】高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)のそれぞれは、多重化回路33(1)~33(N)から出力される信号に対して高速逆フーリエ変換(IFFT)処理を施す。N個の高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)には、タイミング信号発生器38から共通のシンボルタイミング信号が供給される。

【0122】高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)のそれぞれが出力するOFDM信号は、周波数変換器36(1)~36(N)で無線周波数に周波数変換される。N個の周波数変換器36(1)~36(N)には、局部発振器39から共通の局部発振信号が供給される。従って、周波数変換器36(1)~36(N)の出力と接続されたN個のアンテナ37(1)~37(N)からは、同一の無線周波数のOFDM信号が電波として同時に送信される。

【0123】アンテナ37(1)~37(N)から送信されたN個のOFDM信号は、空間上で加算され、OFDM信号受信装置50側の互いに異なる位置に配置されたN個のアンテナ51(1)~51(N)でそれぞれ受信される。アンテナ51(1)~51(N)で受信されたOFDM信号は、それぞれ周波数変換器52(1)~52(N)を通して信号処理に適した比較的低い周波数のOFDM信号に周波数変換される。周波数変換器52(1)~52(N)には、局部発振器55から共通の局部発振信号が供給される。

【0124】周波数変換器52(1)~52(N)から出力されるOFDM信号は、それぞれ高速フーリエ変換器53(1)~53(N)に入力され、高速フーリエ変換(FFT)処理を施される。高速フーリエ変換器53(1)~53(N)から出力されるOFDMシンボルの信号は、それぞれ復調器54(1)~54(N)に入力されビット列に復調される。

【0125】図10のOFDM信号伝送システムにおいては、OFDM信号送信装置30側の前置干渉キャンセラ32の働きによって干渉がキャンセルされる。OFDM信号受信装置50に干渉キャンセラを設ける必要がないので、OFDM信号受信装置50の構成が簡素化され、消費電力も抑制される。

【0126】送信機60は、高速フーリエ変換器53(1)~53(N)のそれぞれの出力から受信したパイロット信号を抽出する。そして、サブキャリアの成分毎に、N個の送信側のアンテナ37(1)~37(N)とN個の受信側のアンテナ51(1)~51(N)との各々の組み合わせに対応する(N×N)個のパイロット信号の受信振幅及び位相を検出する。すなわち、パイロット信号は既知であるので、受信したパイロット信号を既知信号を用いて正規化することにより、送信側のアンテナと受信側のアンテナとの間の伝達関数を表す伝達係数を検出することができる。

【0127】高速フーリエ変換器53の出力から検出さ

れた受信パイロット信号の情報(サブキャリア毎の(N×N)の振幅及び位相の情報)は、送信機60の内部で変調され、送信アンテナ59を介して電波としてOFDM信号送信装置30に送信される。なお、この形態ではOFDM信号受信装置50側で検出された受信パイロット信号の情報をOFDM信号送信装置30に伝達するために送信機58、送信アンテナ59、受信アンテナ40及び受信機41を格別に備えているが、予め備わっている構成要素で置き換えることもできる。

【0128】例えば、送信アンテナ59の代わりにアンテナ51を利用したり、受信アンテナ40の代わりにアンテナ37を利用することもできる。この形態では、図9に示される逆行列演算器57の機能を逆行列演算器42としてOFDM信号送信装置30側に移した点が図9の構成と大きく異なっている。以下、図10のOFDM信号送信装置30及びOFDM信号受信装置50の主要部分の動作について更に詳細に説明する。

【0129】図9のOFDM信号伝送システムと同様に、図10のOFDM信号送信装置30は、OFDM変調されたデータ信号及び既知のパイロット信号を各アンテナ37(1)~37(N)から送信し、OFDM信号受信装置50はデータ信号及びパイロット信号をOFDM信号としてアンテナ51(1)~51(N)で受信する。

【0130】また、OFDM信号送信装置30においては、前置干渉キャンセラ32でデータ信号のOFDMシンボルの各サブキャリア成分( $m_1, m_2, \dots, m_N$ )に逆行列 $A_i^{-1}$ を積算し、各アンテナ37(1)~37(N)から逆行列 $A_i^{-1}$ の積算されたデータ信号を送信する。アンテナ51(1)~51(N)で受信される信号には、送信側で既に逆行列 $A_i^{-1}$ が積算されているので、OFDM信号受信装置50においては、アンテナ51(1)~51(N)で受信した信号からデータ信号( $m_1, m_2, \dots, m_N$ )を直接分離して取り出すことができる。

【0131】なお、OFDM信号受信装置50においては、受信した各々のパイロット信号を互いに分離して取り出す必要があるが、例えばOFDM信号送信装置30側において、各パイロット信号( $P_1, P_2, \dots, P_N$ )を時間軸上で互いに重ならないようにタイミングをずらして送出することにより、容易に分離できる。上記のように、図10のOFDM信号伝送システムでは、OFDM信号受信装置50側からOFDM信号送信装置30に対して受信パイロット信号の情報を伝送し、OFDM信号送信装置30側では受け取った受信パイロット信号の情報(受信振幅及び位相)に基づいて逆行列を求める点に特徴がある。

【0132】このように、図10のOFDM信号伝送システムでは、逆行列の演算機能及び干渉キャンセルの機能をOFDM信号受信装置50側に搭載する必要がない。したがって、OFDM信号受信装置50側の信号処理が簡素化される。すなわち、OFDM信号受信装置5

0の構成の簡略化や消費電力の軽減が実現するので、例えば移動端末にOFDM信号受信装置50を搭載する場合を想定すると、移動端末の小型化及び経済化が可能になる。

【0133】(第9の実施の形態)次に、本発明のもう1つの実施の形態について、図11を参照しながら説明する。この形態は、請求項1及び請求項27～請求項29に対応する。図11はこの形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。この形態は、第8の実施の形態の変形例である。図11において、図10

と対応する要素は同一の符号を付けて示してある。  
【0134】この形態では、請求項1の送信アンテナ、OFDM信号送信装置、受信アンテナ、OFDM信号受信装置、逆行列演算手段及び干渉キャンセル手段は、それぞれアンテナ37、OFDM信号送信装置30、アンテナ51、OFDM信号受信装置50、逆行列演算器42及び前置干渉キャンセラ32に対応する。また、請求項27におけるOFDM信号受信装置のパイロット信号発生手段、逆高速フーリエ変換手段、送信用周波数変換手段、受信周波数変換手段、高速フーリエ変換手段、復調手段、局部発振手段及び送受信切替スイッチ手段は、それぞれパイロット信号発生器81、高速逆フーリエ変換器82、周波数変換器83、52、高速フーリエ変換器53、復調器54、局部発振器55及び切替スイッチ86に対応し、OFDM信号送信装置のデータ変換手段、受信周波数変換手段、高速フーリエ変換手段、タイミング信号発生手段、逆行列演算手段、高速逆フーリエ変換手段、送信用周波数変換手段、局部発振手段及び送受信切替スイッチ手段は、それぞれデータ変換器31、周波数変換器71、高速フーリエ変換器72、タイ

ミング信号発生器73、逆行列演算器42、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36及び切替スイッチ75に対応する。  
【0135】図11に示すOFDM信号伝送システムは、図10のシステムと同様にOFDM信号送信装置30及びOFDM信号受信装置50で構成されている。なお、このOFDM信号伝送システムを移動体通信などに適用する場合には、OFDM信号送信装置30を基地局側に搭載し、OFDM信号受信装置50を利用者側の移動端末に搭載するのが望ましい。

【0136】また、図11のOFDM信号伝送システムにおいては、OFDM信号送信装置30及びOFDM信号受信装置50のそれぞれが送信と受信とで同一のアンテナを利用し、送信モードと受信モードとを時分割により切り替えるTDD(Time Division Duplex)を前提としたシステムを想定している。さらに、図11のOFDM信号伝送システムでは、パイロット信号を発生する機能がOFDM信号受信装置50側に設けてある。

【0137】図11に示すように、OFDM信号受信装置50にはアンテナ51、周波数変換器52、高速フー

リエ変換器53、復調器54、局部発振器55、タイミング信号発生器56、パイロット信号発生器81、高速逆フーリエ変換器82、周波数変換器83、シンボルタイミング発生器84、切替制御部85及び切替スイッチ86が備わっている。

【0138】また、アンテナ51、周波数変換器52、高速フーリエ変換器53、復調器54、パイロット信号発生器81、高速逆フーリエ変換器82、周波数変換器83及び切替スイッチ86は、それぞれN個(複数)が備わっている。一方、図11のOFDM信号送信装置30にはデータ変換器31、前置干渉キャンセラ32、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36、アンテナ37、タイミング信号発生器38、局部発振器39、周波数変換器71、高速フーリエ変換器72、タイミング信号発生器73、切替制御部74及び切替スイッチ75が備わっている。

【0139】また、データ変換器31、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36、アンテナ37、周波数変換器71、高速フーリエ変換器72及び切替スイッチ75は、それぞれN個(複数)が備わっている。OFDM信号送信装置30における構成要素数NとOFDM信号受信装置50における構成要素数Nとは同一である。すなわち、後述する逆行列を求めるためには送信側のアンテナ数Nと受信側のアンテナ数Nとを同一にする必要がある。

【0140】OFDM信号受信装置50における周波数変換器52、高速フーリエ変換器53、復調器54、局部発振器55及びタイミング信号発生器56については、図10の対応する要素と同じ機能を果たすので説明は省略する。

【0141】N個のパイロット信号発生器81(1)～81(N)は、それぞれ互いに異なる既知のパイロット信号を出力する。高速逆フーリエ変換器82(1)～82(N)は、それぞれパイロット信号発生器81(1)～81(N)から出力されるパイロット信号に対して逆フーリエ変換処理を施す。高速逆フーリエ変換器82(1)～82(N)には、シンボルタイミング発生器84から共通のシンボルタイミングの信号が与えられる。

【0142】周波数変換器83(1)～83(N)は、高速逆フーリエ変換器82(1)～82(N)からOFDM信号として出力されるパイロット信号を無線周波数に周波数変換する。周波数変換器83(1)～83(N)には、局部発振器55から共通の局部発振信号が与えられる。従って、周波数変換器83(1)～83(N)の出力に現れるN系統のパイロット信号は同じ無線周波数になる。周波数変換器83(1)～83(N)から出力されるN系統のパイロット信号は、OFDM信号受信装置50が送信モードである時に、それぞれ切替スイッチ86(1)～86(N)を通してアンテナ51(1)～51(N)から送信される。

【0143】切替制御部85は、OFDM信号送信装置

10

20

30

40

50

30とOFDM信号受信装置50との間の通信状態を識別し、OFDM信号受信装置50が送信モードか受信モードかに応じてN個の切替スイッチ86(1)~86(N)の状態を切り替える。OFDM信号送信装置30におけるデータ変換器31、前置干渉キャンセラ32、高速逆フーリエ変換器35、周波数変換器36、タイミング信号発生器38及び局部発振器39については、図10の対応する要素と同じ機能を果たすのでこれらの説明は省略する。

【0144】アンテナ37(1)~37(N)で受信された信号は、OFDM信号送信装置30が受信モードの時に、切替スイッチ75(1)~75(N)を介して周波数変換器71(1)~71(N)に入力される。

【0145】切替制御部74は、OFDM信号送信装置30とOFDM信号受信装置50との間の通信状態を識別し、OFDM信号送信装置30が送信モードか受信モードかに応じてN個の切替スイッチ75(1)~75(N)の状態を切り替える。周波数変換器71(1)~71(N)は、それぞれアンテナ37(1)~37(N)で受信された信号(パイロット信号)を信号処理に適した比較的低い周波数に周波数変換する。周波数変換器71(1)~71(N)には、局部発振器39から共通の局部発振信号が与えられる。

【0146】高速フーリエ変換器72(1)~72(N)は、周波数変換器71(1)~71(N)から出力されるOFDM信号として受信されたパイロット信号に高速フーリエ変換を施す。したがって、高速フーリエ変換器72(1)~72(N)の出力には、それぞれアンテナ37(1)~37(N)で受信されたパイロット信号がサブキャリアの成分毎に分離されて現れる。

【0147】高速フーリエ変換器72(1)~72(N)には、受信した各パイロット信号を取り出すためにタイミング信号発生器73から共通のシンボルタイミングの信号が与えられる。逆行列演算器42は、高速フーリエ変換器72(1)~72(N)から出力される信号に基づいて、受信した各パイロット信号の受信振幅及び位相をサブキャリア成分毎に検出し、検出結果に基づいて逆行列を求める。

【0148】次に、図11のOFDM信号送信装置30及びOFDM信号受信装置50の主要部分の動作について詳細に説明する。OFDM信号送信装置30においては、受信したパイロット信号に基づいて逆行列演算器42が各サブキャリアの伝達係数の行列 $A_i$ の逆行列 $A_i^{-1}$ を演算する。そして、前置干渉キャンセラ32はデータ変換器31(1)~31(N)から出力されるデータ信号の各サブキャリア成分( $m_1, m_2, \dots, m_N$ )に対して、逆行列演算器42から入力される逆行列 $A_i^{-1}$ を乗算する。

【0149】前置干渉キャンセラ32から出力される信号は、高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)で逆フー

リエ変換の処理を施され、OFDM信号として出力される。これらのOFDM信号は、周波数変換器36(1)~36(N)で無線周波数に周波数変換され、切替スイッチ75(1)~75(N)を介してアンテナ37(1)~37(N)から送信される。

【0150】アンテナ37(1)~37(N)からそれぞれ送信された信号は、空間上で加算されアンテナ51(1)~51(N)のそれぞれで受信される。しかし、データ信号( $m_1, m_2, \dots, m_N$ )は予め前置干渉キャンセラ32で逆行列 $A_i^{-1}$ が乗算されてから送信されるので、図9、図10のシステムの場合と同様に、アンテナ51(1)~51(N)では、データ信号( $m_1, m_2, \dots, m_N$ )が分離して受信される。

【0151】したがって、干渉をキャンセルするための機能をOFDM信号受信装置50側に設ける必要はない。すなわち、OFDM信号送信装置30においてパイロット信号の情報を取得する方法が図10のシステムと異なっている。OFDM信号受信装置50では、送信モードの時に、パイロット信号( $P_1, P_2, \dots, P_N$ )を各アンテナ51(1)~51(N)から送信する。これらのパイロット信号( $P_1, P_2, \dots, P_N$ )は、OFDM信号送信装置30においてアンテナ37(1)~37(N)で受信され、OFDM復調され、各サブキャリアの成分に分離されて逆行列演算器42に入力される。

【0152】逆行列演算器42は、受信したパイロット信号から、サブキャリアの成分毎に、アンテナ51(1)~51(N)とアンテナ37(1)~37(N)との各組み合わせの伝達係数を成分とする行列 $A_i$ の逆行列 $A_i^{-1}$ を演算し記憶する。前置干渉キャンセラ32は、データ変換器31(1)~31(N)から出力されるデータ信号に逆行列 $A_i^{-1}$ を乗算する。その結果が高速逆フーリエ変換器35(1)~35(N)及び周波数変換器36(1)~36(N)を介してアンテナ37(1)~37(N)から送信される。

【0153】OFDM信号受信装置50では、各アンテナ51(1)~51(N)において、データ信号にアンテナ37(1)~37(N)からアンテナ51(1)~51(N)へ信号を送信した場合の伝達応答行列が付加されて受信されるが、送信と受信とで共通の局部発振器を使用しているので、前記伝達応答行列の伝達係数は前述の行列 $A_i$ と同一になる。

【0154】したがって、OFDM信号受信装置50の各アンテナ51(1)~51(N)では、各データ信号( $m_{11}, m_{12}, \dots, m_{1N}$ )が分離して受信される。このため、高速フーリエ変換器53(1)~53(N)の出力に現れるデータ信号( $M_{11}, M_{12}, \dots, M_{1N}$ )を復調器54(1)~54(N)で復調することにより、OFDM信号送信装置30の送信したデータ信号( $T_1, T_2, \dots, T_N$ )が得られる。

【0155】この形態では、OFDM信号受信装置50側にパイロット信号発生器81を設けているので、OF



DM信号送信装置30側にはパイロット信号の発生機能を設ける必要がなく、OFDM信号送信装置30には図10の多重化回路33を設ける必要がない。また、アンテナ37(1)~37(N)及びアンテナ51(1)~51(N)を送信と受信とで共用するので、図10の受信アンテナ40及び送信アンテナ59は不要になる。

【0156】また、図11のOFDM信号伝送システムでは、逆行列の演算機能及び干渉キャンセルの機能をOFDM信号受信装置50側に搭載する必要がない。したがって、OFDM信号受信装置50側の信号処理が簡素化される。すなわち、OFDM信号受信装置50の構成の簡略化や消費電力の軽減が実現するので、例えば移動端末にOFDM信号受信装置50を搭載する場合を想定すると、移動端末の小型化及び経済化が可能になる。

【0157】なお、本発明は広帯域移動通信システムのみならず、ポイント・ツー・マルチポイントの固定無線アクセスシステムのようにOFDM方式を用いて多数のユーザ無線局を基地局に接続する無線システムに広く適用できる。

【0158】

【発明の効果】本発明によれば、等化器による時間軸での伝達関数の推定ではなく、直接、OFDM信号におけるパイロット信号を用いてキャリア毎の伝達係数（振幅・位相）の測定し、サブキャリア毎にOFDM信号間の干渉をキャンセルするための伝達係数を取得するため、容易に、かつ精度の高いチャネル間の干渉キャンセルが可能になると共に、等化器のようなフィードバック制御を行うことなく、フィードフォワード処理ができるため、厳しい周波数選択性フェージング環境下においても安定な動作が期待できる。

【0159】また、請求項8に係る発明によれば、請求項2記載の送受信装置において、サブキャリア方向（周波数軸方向）と送信アンテナ方向（空間方向）の2つの次元に対してインタリーブを行うため、短遅延のフェージングにおいても連続誤りの発生が軽減され、誤り訂正符号化利得の低下を小さくすることができ、高品質化を図ることができる。

【0160】さらに、請求項5、請求項11及び請求項17に係る発明によれば、請求項2、請求項8及び請求項14の送受信装置において、送信アンテナ数を2、受信アンテナ数を2とし、双方に直交偏波（例えば水平偏波と垂直偏波、または右旋偏波と左旋偏波）とすることにより、送受信アンテナの偏波識別度を大きくでき、2つのチャネルの分離度を大きくできることから、高品質化を図ることができる。

【0161】また、請求項14に係る発明においては、送信情報信号を分配して同じ送信情報信号を2つのOFDM変調器に入力する場合と、直並列変換した2つの送信情報信号を入力する場合とで切り替え、切替判定のための閾値に応じてこれらを変更して制御することによ

り、品質と伝送容量を伝搬環境や受信品質に応じて適応的に制御することが可能になる。

【0162】さらに、請求項20の発明では、演算量、すなわち回路規模の大きな干渉キャンセルの機能をOFDM信号送信装置側に配備できるので、OFDM信号受信装置の回路規模が軽減できる利点があり、本発明を適用することにより、移動端末を小型・経済化が実現する。また、請求項23の発明では、干渉キャンセルだけでなく逆行列演算器の機能をもOFDM信号送信装置側に配備できるので、OFDM信号受信装置の回路規模を更に軽減できる。

【0163】また、請求項27の発明では、同一のアンテナを送信と受信とで共用するので、パイロット信号の情報や逆行列の情報を伝送するために特別なアンテナを追加する必要がない。さらに、請求項20及び請求項23の発明と同様にOFDM信号受信装置の回路規模を更に軽減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図2】パイロット信号を含む送信OFDM信号の例を示すタイムチャートである。

【図3】第2の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図4】フェージングの特性例を示すグラフである。

【図5】第3の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図6】第4の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図7】第5の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図8】第6の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図9】第7の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図10】第8の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図11】第9の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成を示すブロック図である。

【図12】MIMOチャネルにおける従来の送受信装置の構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

1-1~1-N OFDM変調器

2 OFDMシンボルタイミング制御回路

3-1~3-N 周波数変換器

4 局部発振器

5-1~5-N 送信アンテナ

5-1A 垂直偏波の送信アンテナ

5-2A 水平偏波の送信アンテナ

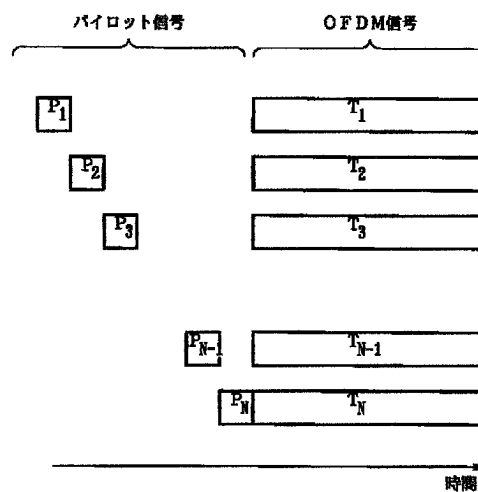
6-1~6-N パイロット信号発生手段

7-1~7-N 多重化手段  
 8-1~8-N 受信アンテナ  
 8-1A 垂直偏波の受信アンテナ  
 8-2A 水平偏波の受信アンテナ  
 9-1~9-N 周波数変換器  
 10 局部発振器  
 11-1~11-N 高速フーリエ変換器  
 12 OFDMシンボルタイミング再生手段  
 13 逆行列演算手段  
 14 サブキャリア復調手段  
 15-1~15-N 誤り訂正符号器  
 16, 16-1~16-N インタリーバ  
 17, 17-1~17-N デインタリーバ  
 18-1~18-N 誤り訂正復号器  
 20 第1の切替器  
 21 第2の切替器  
 22 通信品質測定手段  
 30 OFDM信号送信装置  
 31 データ変換器  
 32 前置干渉キャンセラ  
 33 多重化回路  
 34 パイロット信号発生器  
 35 高速逆フーリエ変換器  
 36 周波数変換器  
 37 アンテナ  
 38 タイミング信号発生器

\* 39 局部発振器  
 40 受信アンテナ  
 41 受信機  
 42 逆行列演算器  
 50 OFDM信号受信装置  
 51 アンテナ  
 52 周波数変換器  
 53 高速フーリエ変換器  
 54 復調器  
 10 55 局部発振器  
 56 タイミング信号発生器  
 57 逆行列演算器  
 58 送信機  
 59 送信アンテナ  
 60 送信機  
 71 周波数変換器  
 72 高速フーリエ変換器  
 73 タイミング信号発生器  
 74 切替制御部  
 20 75 切替スイッチ  
 81 パイロット信号発生器  
 82 高速逆フーリエ変換器  
 83 周波数変換器  
 84 シンボルタイミング発生器  
 85 切替制御部  
 \* 86 切替スイッチ

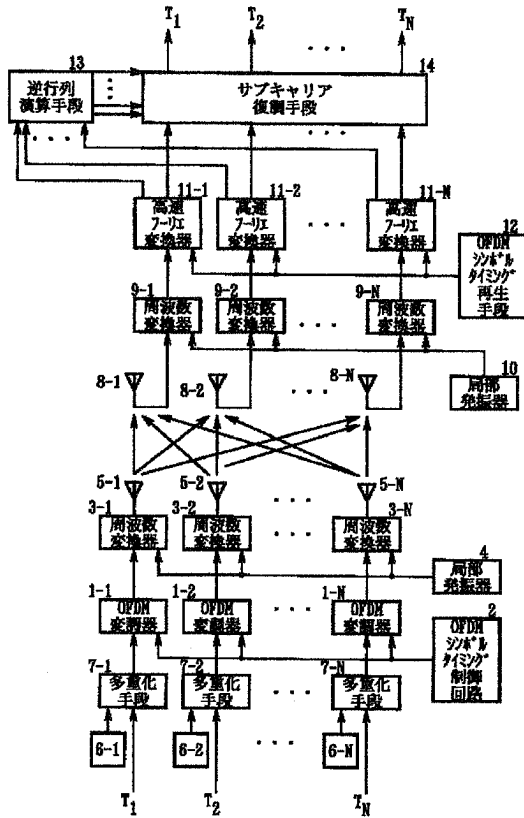
【図2】

パイロット信号を含む送信OFDM信号の例



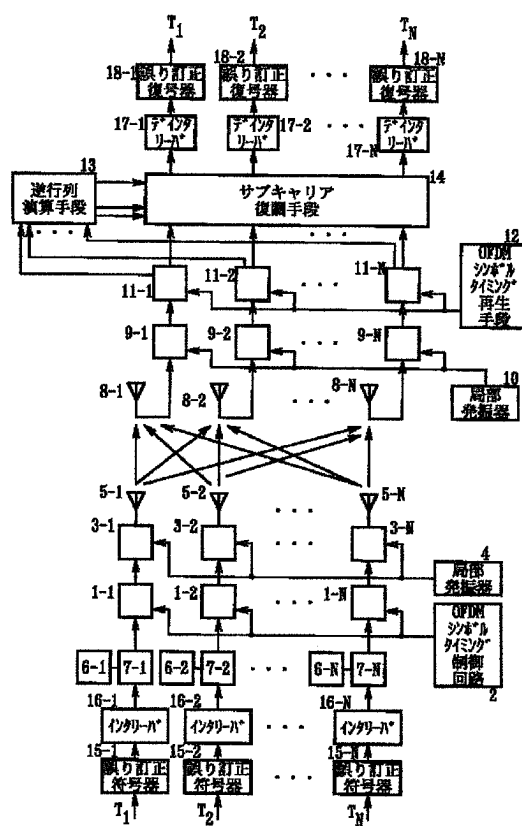
【図1】

第1の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成

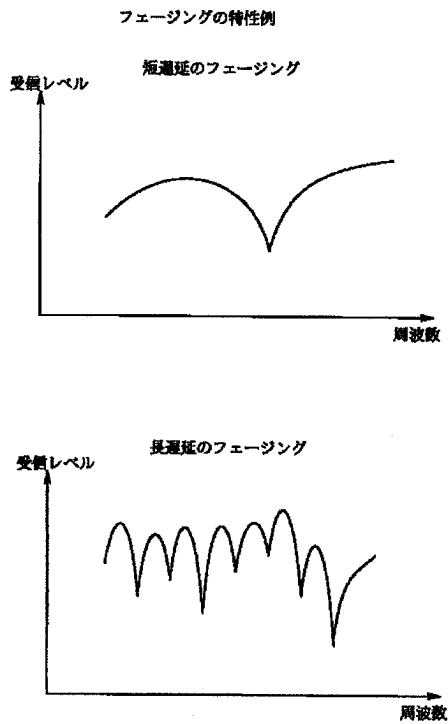


【図3】

第2の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成

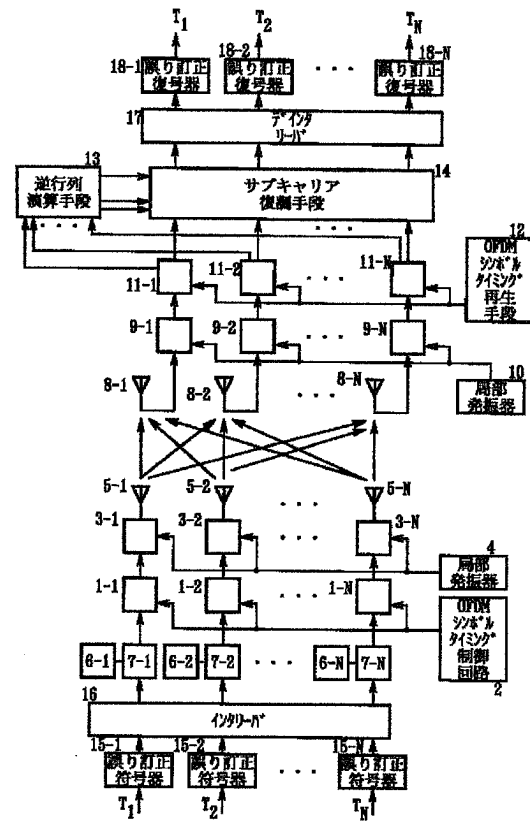


【図4】



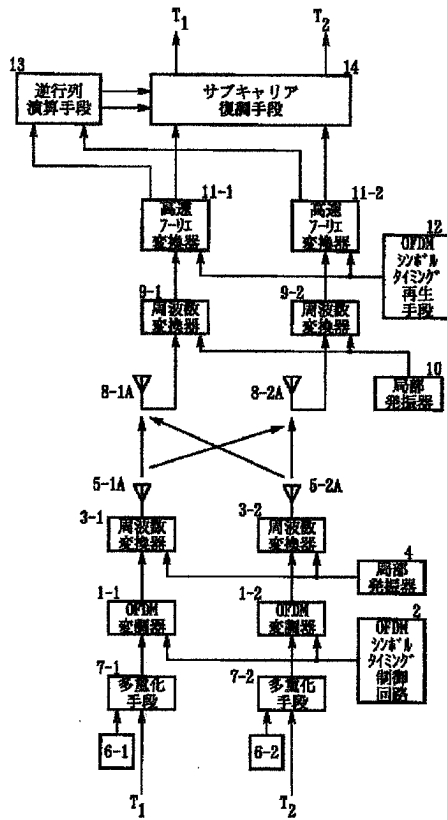
【図5】

第3の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成



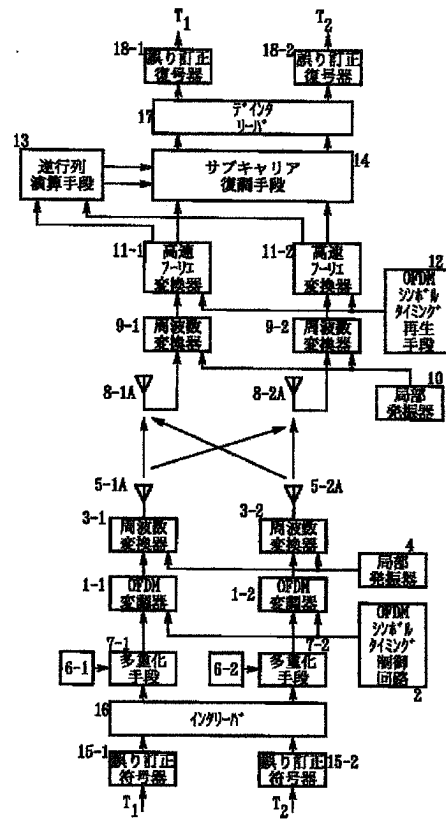
【図6】

第4の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成



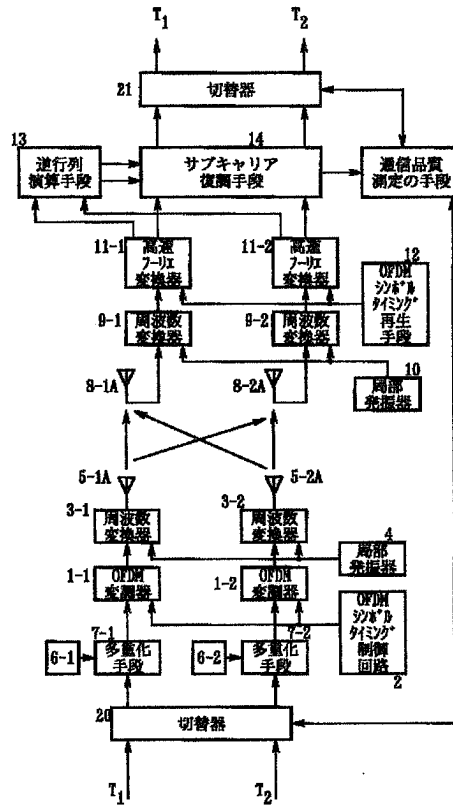
【図7】

第5の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成



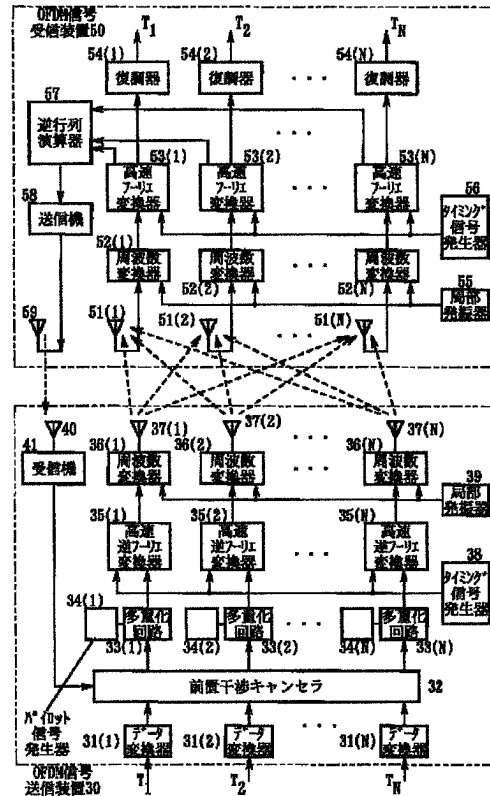
【図8】

第6の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成



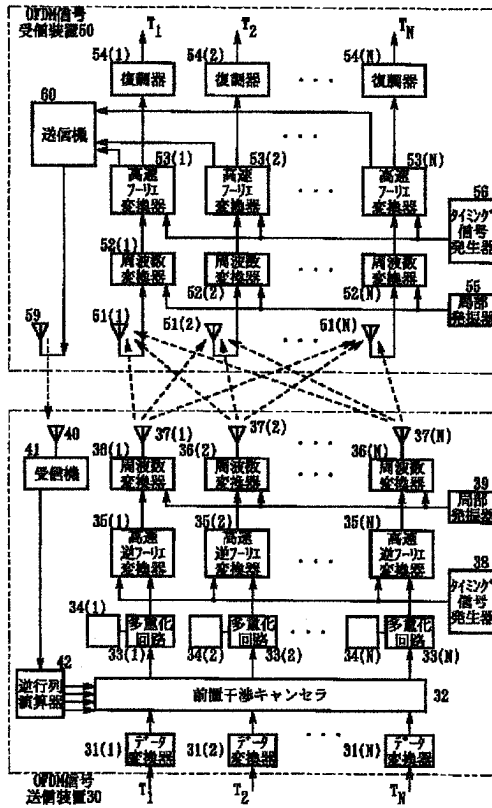
【図9】

第7の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成



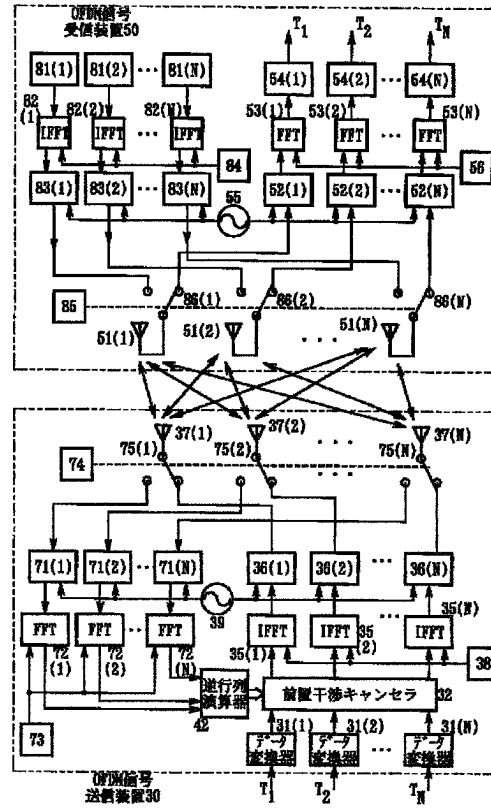
【図10】

第8の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成



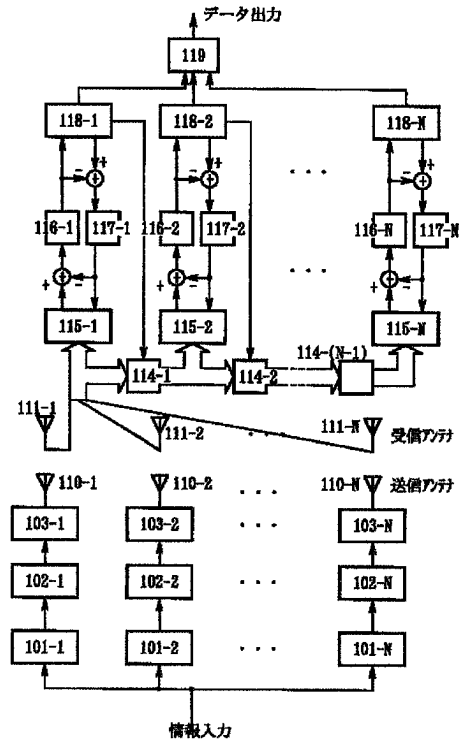
【図11】

第9の実施の形態のOFDM信号伝送システムの構成





【図12】

MIMOチャネルにおける  
従来の送受信装置の構成例

フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 康夫  
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
 本電信電話株式会社内

(72)発明者 浅井 裕介  
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
 本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD23 DD33  
 5K067 AA02 CC24 HH21 KK03